



# Efeitos da aplicação de vermicomposto na emergência, crescimento e produtividade do tomate

**Beatriz Simas da Rosa**

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Universidade  
Católica do Porto

Mestrado em Engenharia Agronómica

2015

## **Orientadora**

Susana Maria Pinto de Carvalho

## **Coorientadora**

Marta Wilton Pereira Leite de Vasconcelos



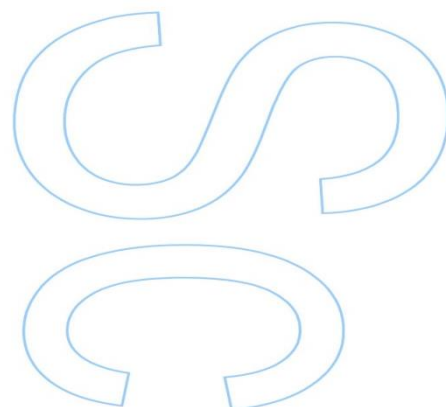
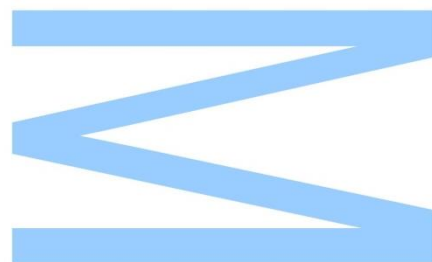


CATÓLICA PORTO



Todas as correções determinadas  
pelo júri, e só essas, foram efetuadas.  
O Presidente do Júri,

Porto, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_



# Agradecimentos

À Professora Doutora Susana Maria Pinto de Carvalho e à Professora Doutora Marta Wilton Pereira Leite de Vasconcelos pela orientação, supervisão e precioso apoio ao longo deste último ano.

A todo o grupo PlanTech pela disponibilidade, ajuda e apoio na realização dos diferentes ensaios.

Às professoras Filomena Raposo, Marta Guimarães, Margarida Silva e Serafina Roque, e à Manuela Amorim por toda a disponibilidade e ajuda.

À empresa Campilegumes, principalmente ao Sr. Hélder Maia, pela disponibilidade e condições oferecidas para a realização do ensaio.

À Siro, na pessoa do Sr. Hartmut Nestler, pelo material e ajuda prestada.

Ao Marco Neto e ao David Salgueiro pelo apoio prestado no levantamento dos dados.

Às minhas colegas de gabinete e amigas Dália Carvalho, Isabella Vieira e Teresa Deuchand, por todo o apoio, ajuda e entusiasmo prestado ao longo do último ano.

Às minhas grandes amigas Sandra Castro e Andreia Gouveia, por todo o apoio, ajuda e entusiasmo ao longo de todo este percurso.

Ao Joel pelo apoio, motivação e ajuda prestada ao longo do último ano.

À minha família, principalmente aos meus pais, pelo apoio incondicional, compreensão, motivação e carinho. E acima de tudo às minhas estrelas, Estela, Beatriz e Albertina, sem elas não era o que sou hoje.

# Resumo

A vermicompostagem é um processo biológico, ecológico, onde os vermes juntamente com os microrganismos transformam substâncias orgânicas complexas em matéria orgânica (MO) estabilizada e rica em nutrientes, o que contribui positivamente para o crescimento e desenvolvimento das culturas e para um aumento da MO dos solos. Este estudo teve como objetivo principal avaliar o efeito da aplicação de diferentes formulações e volumes de vermicomposto (VC) na cultura do tomate, nomeadamente ao nível da: emergência das sementes (Exp. 1); crescimento e desenvolvimento das plantas em solo pobre enriquecido com VC (Exp. 2); e crescimento, produtividade e qualidade do tomate produzido em estufa comercial (Exp. 3). A Exp. 1 foi realizada durante 30 dias, tendo sido avaliados 10 tratamentos (resultantes da combinação de três formulações de VC com três volumes de VC e um tratamento controlo sem VC). Na Exp. 2, foram utilizadas plântulas cultivadas em vaso durante 40 dias, num substrato universal pobre enriquecido com 20% (vol.) de cinco formulações distintas de VC e um tratamento controlo (sem VC). Por fim, foi realizado um ensaio numa estufa comercial com aplicação de fundo de três tratamentos: 2 e 4 kg/m<sup>2</sup> de VC e 0,15 kg/ m<sup>2</sup> de adubo orgânico comercial. Na Exp. 1 verificou-se que as taxas de emergência mais elevadas (90%) ocorreram no substrato VC A1/t (1:2). Na Exp. 2 os melhores resultados para a altura, nº de folhas e área foliar foram observados no tratamento VC A1, tendo o controlo registado menos 30%, 43% e 75,3% que o VC A1 respectivamente. Por fim, na Exp. 3 não foram registados resultados significativos da aplicação de VC no crescimento e na produtividade do tomate, mas a nível da qualidade, no que diz respeito ao brix e rácio brix/ac. titulável verificou-se que o melhor tratamento foi o VC 1, tendo o AO menos 20,5% e 20,2% do que o VC 1 respetivamente. Este estudo permitiu concluir que os VCs poderão ser eficazes: na substituição da turfa como substrato de germinação em viveiros; como adubos orgânicos quando aplicados em pequenas proporções (20%) a substratos pobres. Já a sua aplicação de fundo em solos geralmente férteis (como os solos de estufas hortícolas) não tem qualquer efeito a nível da produtividade, tendo um ligeiro efeito na qualidade.

**Palavras chaves:** Adubo orgânico, *Eisenia fetida*, fertilizantes, *Lycopersicon esculentum* Mill, matéria orgânica, nutrientes, tomate, vermes, vermicomposto, 'Vinício'.

# Abstract

Vermicomposting is a biological and ecological process where worms in combination with microorganisms transform complex organic substances in a stabilized organic matter (OM) rich in nutrients, which contributes positively to growth and development of crops and increased soil OM. This study had as main objective to evaluate the effect of application of different formulations and volumes of vermicompost (VC) in the tomato crop, particularly in terms of: emergence of seedlings (Exp. 1); growth and development of plants in poor soil enriched with VC (Exp. 2); and growth, yield and quality of tomatoes produced in commercial greenhouse (Exp. 3). The Exp. 1 was carried out for 30 days and 10 treatments were evaluated (resulting from the combination of three VC formulations with three volumes of VC and the control without VC treatment). In Exp. 2 seedlings were grown in pots for 40 days in a poor universal substrate enriched with 20% (vol.) of five different formulations of VC and a control treatment (no VC). Finally, three soil applications were tested at a commercial greenhouse: 2 and 4 kg / m<sup>2</sup> of VC and 0.15 kg / m<sup>2</sup> of commercial organic fertilizer. In Exp 1 it was found that the higher emergence (90%) occurred in the substrate VC A1 / t (1: 2). In Exp. 2 the best results were also observed in the treatment VC A1, since control plants showed a reduction of 30% for height, 43% in number of leaves and 75.3% in leaf area. Finally, in Exp. 3 there were no significant results of the application of VC on growth and yield of tomato but, regarding quality it was found that the brix and brix / titrable acidity ratio were 20,5% and 20,2% lower in the organic fertilizer (OF) treatment than in VC C1. This study found that VCs may be effective: in replacement of peat as a germination substrate in nurseries; as organic fertilizer when applied in small proportions (20%) in poor substrates. The soil application on fertile soils (such as greenhouses soils) has no effect on productivity, having a slight effect on quality.

**Key words:** *Eisenia fetida*, fertilizers, *Lycopersicon esculentum*, nutrients, organic fertilizer, organic matter, tomato, vermicompost, 'Vinicio', worms.

# Índice

Resumo .....	4
Abstract .....	5
Lista de figuras.....	8
Lista de quadros .....	12
Símbolos e Abreviaturas .....	14
1. Introdução .....	15
2. Revisão Bibliográfica .....	18
2.1. Problemas ambientais e sua relação com sistemas agrícolas.....	18
2.1.1. Resíduos.....	18
2.2. Exploração dos recursos naturais.....	19
2.2.1. Turfeiras.....	19
2.2.2. A importância da matéria orgânica (MO).....	20
2.3. Métodos de fertilização .....	21
2.3.1. Fertilizantes orgânicos.....	22
2.4. Processo de vermicompostagem.....	23
2.4.1. Os vermes .....	24
2.4.2. Resíduos utilizados na vermicompostagem.....	26
2.4.3. Fatores que influenciam o processo de vermicompostagem .....	27
2.4.4. Sistemas de vermicompostagem.....	27
2.4.5.Recolha do vermicomposto .....	28
2.4.6. Maturação do vermicomposto .....	29
2.4.7. Composição nutricional do vermicomposto.....	29
2.4.8. Métodos de aplicação de vermicomposto .....	29
2.4.9. Benefícios da aplicação do vermicomposto como fertilizante orgânico .....	30
2.5. Tomate .....	31
2.5.1. O tomate e as suas propriedades.....	31
2.5.2. Necessidades nutricionais do tomateiro .....	33
2.5.3. Produção em estufa ou ao ar livre.....	33
3. Materiais e Métodos .....	35
3.1. Produção e maturação do vermicomposto.....	36
3.2. Análises aos vermicompostos .....	37
3.3. Experiência 1 – Ensaio de emergência das plântulas em ambiente controlado	38

3.4. Experiência 2 – Ensaio de crescimento em ambiente controlado .....	40
3.5. Experiência 3 – Ensaio de crescimento em estufa comercial .....	41
3.6. Análise estatística.....	45
4. Resultados e Discussão.....	45
4.1. Rendimento de vermicomposto Protomate .....	45
4.2. Peso seco .....	45
4.3. Composição química dos vermicompostos .....	46
4.3.1. pH.....	46
4.3.2. Análise de minerais (ICP) .....	46
4.3.3. Azoto e carbono.....	47
4.4. Experiência 1 – Ensaio de emergência das plântulas .....	49
4.5. Experiência 2 – Ensaio de crescimento .....	57
4.6. Experiência 3 – Ensaio em estufa comercial .....	65
4.6.1. Análises ao solo.....	65
4.6.2. Análises ao vermicomposto comercial.....	65
4.6.3. 1º fase – Altura e número de folhas .....	66
4.6.4. 2º fase – Colheita .....	68
4.6.5. 3º Fase - Análises de qualidade dos frutos.....	72
6. Bibliografia.....	76

# Lista de figuras

<b>Figura 1</b> A) Evolução da área de cultivo e B) da produção de tomate em fresco em Portugal entre 2012 e 2014. Fonte: INE, 2015. ....	34
<b>Figura 2</b> A) Evolução da área de cultivo e B) da produção de tomate para indústria em Portugal entre 2012 e 2014. Fonte: INE, 2015. ....	35
<b>Figura 3</b> Vermicompostor com cama e inoculo inicial de vermes. ....	36
<b>Figura 4</b> Aspecto geral do vermicomposto após ser peneirado. ....	37
<b>Figura 5</b> Plantas transplantadas para vasos de 1,5 l com as diferentes formulações de vermicomposto. ....	40
<b>Figura 6</b> Diferentes fases de preparação do terreno e aplicação dos fertilizantes: (A) aspecto do solo após subsolagem; (B) distribuição manual do VC nos talhões em estudo (mancha escura); (C) distribuição do adubo orgânico no solo recorrendo a trator; (D) aspecto dos talhões após plantação. ....	42
<b>Figura 7</b> Pesagem dos frutos colhidos. ....	43
<b>Figura 8</b> Frutos à colheita. ....	43
<b>Figura 9</b> Escala de cor para classificação do tomate. Fonte: Abreu & Fernandes (2011). ....	43
<b>Figura 10</b> Sintomas mais frequentes presentes nos frutos: (A) fruto não comercializável por alterações na forma e lesões cicatrizadas superiores a 3 cm; (B) fruto com sinais de <i>Botrytis spp</i> ; (C) frutos com sinais de <i>Helicoverpa armigera</i> . ....	44
<b>Figura 11</b> Evolução do pH em função dos dias de maturação natural em quatro formulações de vermicomposto: tipo VC e A1,2 e 3. ....	46
<b>Figura 12</b> Número de plântulas emergidas (n=20) correspondentes aos diferentes tratamentos em função dos Dias Após Sementeira (DAS). Significado das abreviaturas indicado na Tabela 7. ....	50
<b>Figura 13</b> Altura acumulada das plântulas (cm) em função dos Dias Após Sementeira (DAS). Significado das abreviaturas indicado na Tabela 7. Barra de erro: erro padrão da média. ....	51
<b>Figura 14</b> Altura média das plântulas (cm) em função do tipo de vermicomposto e do volume utilizado, 30 Dias Após Sementeira (DAS). Significado das abreviaturas indicado na Tabela 7. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey. ....	52
<b>Figura 15</b> Número médio de folhas por plântula em função do tipo de vermicomposto e do volume utilizado, 30 Dias Após Sementeira (DAS). Significado das abreviaturas indicado na Tabela 7. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima	



dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey. ....	53
<b>Figura 16</b> Valores médios dos teores de clorofila (SPAD) das folhas em função do tipo de vermicomposto e do volume utilizado, 30 Dias Após Sementeira (DAS). Significado das abreviaturas indicado na Tabela 7. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey.....	54
<b>Figura 17</b> Figura 17 A) Peso seco da parte aérea (g) das plântulas (folhas + caule), B) peso seco raiz (g), C) peso seco total (g) e D) ratio raiz/ parte aérea (g) respetivamente em função do tipo de vermicomposto e do volume utilizado. Significado das abreviaturas indicado na tabela 7. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey.....	56
<b>Figura 18</b> Altura acumulada das plantas (cm) em função dos Dias Após Transplantação (DAT). Significado das abreviaturas indicado na Tabela 8. Barra de erro: erro padrão da média. ....	57
<b>Figura 19</b> Altura média das plantas 45 Dias Após Transplantação (DAT) em função dos diferentes tratamentos. Significado das abreviaturas indicado na tabela 8. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey....	58
<b>Figura 20</b> Evolução do número de folhas em função dos Dias Após Transplantação (DAT). Significados das abreviaturas indicado na Tabela 8. Barra de erro: erro padrão da média.....	59
<b>Figura 21</b> Número médio de folhas por planta 45 Dias Após Transplantação (DAT) em função dos diferentes tratamentos. Significado das abreviaturas indicado na Tabela 8. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey....	59
<b>Figura 22</b> Comprimento médio de entre – nós (altura/ número folhas) 45 dias após transplantação (DAT) em função dos diferentes tratamentos. Significado das abreviaturas indicado na Tabela 8. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey.....	60
<b>Figura 23</b> Área foliar média 45 dias após transplantação (DAT) em função dos diferentes tratamentos. Significado das abreviaturas indicado na Tabela 8. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey....	61

**Figura 24** Teores médios de clorofila (SPAD) 45 dias após transplantação (DAT) em função dos diferentes tratamentos. Significado das abreviaturas indicado na Tabela 8. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey.... 62

**Figura 25** A) Peso seco da parte aérea (g) das plântulas (folhas + caule+fruto), B) peso seco raiz (g), C) peso seco total (g) e D) ração parte aérea/raiz (g) respectivamente em função do tipo de vermicomposto e do volume utilizado. Significados das abreviaturas indicado na Tabela 8. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey. .... 64

**Figura 26** Altura média 40 dias após transplantação (DAT) em função dos diferentes tratamentos. Significado das abreviaturas indicado na Tabela 9. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey. .... 67

**Figura 27** Número médio de folhas 25 dias após transplantação (DAT) em função dos diferentes tratamentos. Significados das abreviaturas indicado na Tabela 9. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey.... 67

**Figura 28** Produção acumulada de frutos comercializáveis (n=18) ao longo do ciclo cultural em função do tratamento. Significado das abreviaturas indicado na Tabela 9. .... 68

**Figura 29** Peso médio dos frutos comercializáveis 132 dias após transplantação (DAT) em função dos diferentes tratamentos. Significados das abreviaturas indicado na Tabela 9. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey..... 69

**Figura 30** Produção média acumulada de frutos comercializáveis e não comercializáveis (n=18) ao longo do ciclo cultural em função do tratamento. Significado das abreviaturas indicado na Tabela 9. .... 69

**Figura 31** Peso médio total (frutos comercializáveis e não comercializável) 132 dias após transplantação (DAT) em função dos diferentes tratamentos. Significado das abreviaturas indicado na Tabela 9. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey..... 70

**Figura 32** Produtividade média por unidade de área (kg/ m<sup>2</sup>) em função dos diferentes tratamentos. Significado das abreviaturas indicado na Tabela 9. Barra de erro: erro

padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $p < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey. ....	70
<b>Figura 33</b> Número médio de frutos por planta. Significado das abreviaturas indicado na Tabela 9. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $p < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey.....	71
<b>Figura 34</b> Percentagem de produção não comercializável 132 dias após transplantação (DAT) em função dos diferentes tratamentos. Significados das abreviaturas indicado na tabela 9. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey.....	72
<b>Figura 35</b> Racio dos frutos em função dos diferentes tratamentos. Significado das abreviaturas indicado na Tabela 9. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey.....	73
<b>Figura 36</b> Grau brix do sumo de tomate em função dos diferentes tratamentos. Significado das abreviaturas indicado na Tabela 9. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey. ....	73
<b>Figura 37</b> Racio brix/ ac. titulável do sumo de tomate em função dos diferentes tratamentos. Significado das abreviaturas indicado na tabela 9. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey. ....	74

# Lista de quadros

<b>Tabela 1</b> Consumo aparente (t) de fertilizantes inorgânicos azotados, fosfatados e potássicos na agricultura (inclui consumo de fertilizantes inorgânicos em áreas de lazer). Fonte: INE (2015) .....	22
<b>Tabela 2</b> Características gerais da espécie <i>Eisenia fetida</i> . Adaptado de: Dominguez & Edwards (2010). .....	26
<b>Tabela 3</b> Fatores que influenciam o processo de vermicompostagem. Adaptado de: Edwards & Arancon (2004). .....	27
<b>Tabela 4</b> Condições climáticas ideais para as diferentes fases de crescimento do tomate, em estufa e no campo. Adaptado de: Heuvelink (2005) e Almeida (2006). ....	32
<b>Tabela 5</b> Composição ideal do solo para o desenvolvimento do tomateiro. Adaptado de: Almeida (2006). .....	32
<b>Tabela 6</b> Necessidades nutricionais do tomateiro em estufa. Adaptado de: Almeida (2006). .....	33
<b>Tabela 7</b> Resumo dos dez tratamentos utilizados na Experiência 1, onde foram testadas três formulações de vermicomposto (VC) aplicados em três volumes aos alvéolos de sementeira. ....	39
<b>Tabela 8</b> Resumo dos seis tratamentos utilizados na Experiência 2, onde foram testadas cinco formulações de vermicomposto (VC) aplicados num volume de 20% a vasos de 1,5 l com 80% de substrato universal (v:v). .....	40
<b>Tabela 9</b> Resumo dos quatro tratamentos utilizados na Experiência 3, onde foi testada uma formulações de vermicomposto (VC) em duas doses distintas e um adubo orgânico. ....	42
<b>Tabela 10</b> Composição (ppm) em fósforo (P), potássio (K), molibdénio (Mo), zinco (Zn), chumbo (Pb), cobalto (Co), boro (B), manganês (Mn), ferro (Fe), magnésio (Mg), cálcio (Ca), cobre (Cu), sódio (Na), e alumínio (Al) do VC P e das três formulações fornecidas pela empresa start - up (VC A1, VC A2 e VC A3). Letras diferentes representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey. ....	47
<b>Tabela 11</b> Valores referentes ao teor de azoto orgânico total (N) e proteína nos diferentes vermicompostos 45 dias após maturação natural. Letras diferentes representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey. ....	48
<b>Tabela 12</b> Valores referentes ao teor de carbono nos diferentes vermicompostos 45 dias após maturação natural. Letras diferentes representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey. ....	48

<b>Tabela 13</b> Valores referentes ao ratio carbono/azoto (C/N) nos diferentes vermicompostos. Letras diferentes representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey. ....	49
<b>Tabela 14</b> Efeito do substrato na percentagem de emergência de tomate cv ' Vinicio' após 15 dias de sementeira. ....	50
<b>Tabela 15</b> Análises ao solo entre os diferentes blocos. Letras diferentes representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey....	65
<b>Tabela 16</b> Resultados das análises químicas ao vermicomposto comercial. ....	66

# Símbolos e Abreviaturas

**CONFRGI** – Confederação Nacional das Cooperativas Agrícolas e do Crédito Agrícola em Portugal, CCRL

**DAS** – Dias Após Sementeira

**DAT** – Dias Após Transplantação

**DRAPC** – Direcção Regional de Agricultura e Pescas do Centro

***E. fetida*** - *Eisenia fetida*

**FAO** - Food and Agriculture Organization of the United Nations

**MO** - Matéria Orgânica

**OF** – Organic fertilizer

**OM** – Organic matter

**T** - Turfa

**VC** - Vermicomposto

**VC A** – Vermicomposto fornecido pela empresa “strat – up”

**VC C** - Vermicomposto comercial

**VC P** - Protomate

**UCP** – Universidade Católica do Porto

**UNEP** - United Nations Environment Programme

# 1.Introdução

Os resíduos orgânicos são classificados como sendo restos biodegradáveis de origem animal ou vegetal, tendo como característica poderem ser degradados em ambiente natural por processos aeróbios ou anaeróbios, e decomporem-se rapidamente, transformando-se noutro tipo de matéria orgânica (MO) (Oliveira *et al.*, 2010). A produção de resíduos orgânicos associada à exploração desmedida dos recursos naturais tem causado diversos problemas ambientais, tais como contaminação do ar, água e solo. Estes resíduos têm aumentado devido ao aumento da população, da agricultura e da industrialização (Garg *et al.*, 2005). Estas situações podem ser amenizadas através de programas de gestão de resíduos adequados e de processos de reaproveitamento e estabilização da MO. A MO pode ser reutilizada como uma fonte importante de nutrientes para a agricultura. Os macro e micronutrientes presentes nos resíduos orgânicos podem servir como fertilizantes orgânicos, pouco dispendiosos e sem impactos ambientais, ajudando assim a reduzir a aplicação de fertilizantes sintéticos. Hoje em dia, a aplicação de resíduos orgânicos nos solos agrícolas é frequentemente realizada incorretamente, pois a MO é aplicada sem sofrer nenhum tipo de processo de estabilização, podendo ter implicações futuras no solo e na cultura (Jack & Thies, 2006; Gómez – Brandón & Domínguez, 2014).

Um processo que tem vindo a ganhar popularidade e que tem demonstrado resultados positivos é a vermicompostagem. Trata-se de um processo biológico, não térmofilo, bio-oxidativo de estabilização de MO que envolve a interação entre vermes, micro-organismos e outros invertebrados (Almeida *et al.*, 2005; Gómez – Brandón & Domínguez, 2014). Os vermes são um dos principais organismos chave no solo, modificando a sua estrutura a nível microbiano e nutricional. Os excrementos dos vermes são ricos em nutrientes como, por exemplo, o carbono (C), o azoto (N), o fósforo (P) e o potássio (K) (Thripathi & Bhardwaj, 2003; Aira *et al.*, 2007). Segundo Dominguez (2004), as espécies de vermes epigeicas são as mais utilizadas na vermicompostagem devido às suas características, principalmente por viverem em habitats ricos em MO. Estes fragmentam a MO acelerando o processo de decomposição, acabando por estabilizá-la.

Os vermicompostos (VC) possuem mais nutrientes por kg do que o substrato orgânico do qual são produzidos (Almeida *et al.*, 2005; Garg *et al.*, 2005; Arancon *et al.*, 2006). Posto isto, o VC é uma MO estabilizada, leve, solta, inodora, com boa capacidade de retenção de água, pH próximo do neutro e rico a nível nutricional, o que contribui

positivamente para o desenvolvimento das culturas. Alguns estudos demonstraram que existem benefícios na aplicação de VC numa grande variedade de espécies hortícolas, tais como o tomate (e.g. Atiyeh *et al.*, 2000b; Lazcano *et al.*, 2009; Gutiérrez-Miceli *et al.*, 2007; Zaller, 2007); o pimento (Arancon *et al.*, 2004b, Arancon *et al.*, 2005) e; o morango (Singh, R. *et al.*, 2008; Arancon *et al.*, 2004a). Por outro lado, o VC pode ter efeitos negativos, levando à diminuição do crescimento das plantas e mesmo à morte (Lazcano & Dominguez, 2010). Sendo assim, e por existirem poucos estudos sobre o tema, torna-se fundamental estudar o efeito de diferentes formulações e volumes de VC para melhor compreender o efeito do mesmo no desenvolvimento das plantas desde a germinação até à colheita.

O tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). é uma das principais culturas a nível mundial. Em Portugal, o tomate fresco é o vegetal mais produzido, com cerca de 89 169 t numa área total de 1 249 ha no ano 2014 (INE, 2015). No que diz respeito ao tomate para indústria, em 2014 foram processados mais de 1,2 milhões de tomates, colocando o nosso país em 4º lugar no *ranking* de exportação mundial (Observatório do Tomate, 2015).

Tendo em conta que o tomate é uma das culturas mais importantes em Portugal e no Mundo, é fundamental encontrar alternativas de fertilização e de cultivo viáveis, e ambientalmente apropriadas, de forma a reduzir o impacto dos fertilizantes químicos e também contribuindo para a recuperação dos ecossistemas, reutilizando os resíduos orgânicos produzido nas residências, restaurantes, indústrias e explorações agrícolas (Oliveira *et al.*, 2010).

Por outro lado, os consumidores estão cada vez mais preocupados e atentos com, como, onde e quando os alimentos são produzidos, optando cada vez mais por produtos biológicos ou os chamados produtos “green”, cujo cultivo é exclusivamente feito à base de fertilizantes homologados para a agricultura biológica, não havendo aplicação de compostos sintéticos (Thybo *et al.*, 2006; Organic Farming Research Foundation, 2013).

Neste contexto os principais objetivos deste trabalho foram determinar o efeito da utilização de: 1) diferentes formulações e volumes de VC na taxa de emergência e crescimento (30d) do tomate em ambiente controlado; 2) diferentes formulações de VC no crescimento e alocação de biomassa (45d) no tomate em ambiente controlado e; 3)



diferentes volumes de VC comercial na produtividade e qualidade do tomate (4 meses) em estufa comercial.

## 2. Revisão Bibliográfica

### 2.1. Problemas ambientais e sua relação com sistemas agrícolas

Nos últimos dois séculos, foi registado um aumento na população mundial, o que, associado ao aumento da riqueza e das zonas urbanizadas, levou a um aumento da procura de produtos alimentares, principalmente nos países em desenvolvimento (FAO, 2015). Segundo dados da FAO (2015) estima-se que em 2050 a população chegue a 9,6 mil milhões de habitantes o que leva a um aumento de 70% das necessidades alimentares a nível mundial. As previsões demonstram que cerca de 1 milhar de milhões de hectares, no futuro, possam vir a ser convertidos em solos agrícolas, juntamente com a duplicação ou mesmo triplicação de azoto e potássio, da procura de água e do uso de pesticidas (Hole *et al.*, 2005). A pecuária é a atividade que ocupa maior percentagem em área de solos agrícolas (FAO, 2015). A intensificação pecuária nos últimos tempos levou a um aumento de efluentes cujo tratamento, desde o armazenamento ao destino final, levanta problemas sociais, económicos e, principalmente, ambientais (Confagri, 2003; FAO, 2013). A utilização desmedida de fertilizantes e pesticidas, bem como o uso de resíduos agrícolas não tratados, são uma das principais fontes de contaminação ambiental nos dias de hoje e uma das maiores preocupações para o futuro (Dias, 1997).

#### 2.1.1. Resíduos

Os resíduos podem ser classificados tendo em conta: a sua fonte (domésticos, agrícolas, industriais); o tipo de materiais constituintes (papel, vidro, plástico); a sua composição química (inorgânicos ou orgânicos); propriedades face aos sistemas (compostáveis, combustíveis, recicláveis); grau de perigosidade (corrosivo, tóxico, explosivo) e as utilizações dadas aos materiais (resíduos de embalagem, resíduos de demolição) (Oliveira *et al.*, 2010).

As operações de tratamento de resíduos devem decorrer em instalações adequadas, com recurso às tecnologias e métodos apropriados para assegurar um nível elevado de proteção do ambiente e da saúde pública, com custos economicamente sustentáveis, prolongando o ciclo de vida dos materiais, de modo a recorrer à sua reutilização. Se tal não for possível, procede-se à reciclagem ou a outros processos de

valorização, sendo que o aterro é a última opção (DL nº. 178/06, de 5 de Setembro; Oliveira *et al.*, 2010).

Todas as classes de resíduos podem ter impacto ambiental, principalmente os resíduos orgânicos. A reutilização de resíduos devidamente tratados pode ser uma solução para a exploração dos recursos naturais à volta do mundo (Bot & Benites, 2005; Oliveira *et al.*, 2010).

## 2.2. Exploração dos recursos naturais

Os níveis elevados de produção estão a exercer uma pressão sem precedentes sobre os recursos naturais. O aumento da riqueza levou a uma exploração dos recursos naturais não renováveis, acabando por provocar danos irreversíveis em diversos ecossistemas. As populações urbanas são responsáveis por aproximadamente 75% do consumo dos recursos naturais (Bot & Benites, 2005; UNEP, 2014).

Os recursos naturais podem ser geológicos, pedológicos, hídricos, biológicos e climáticos, e segundo as Nações Unidas, um dos principais desafios é a conservação dos recursos pedológicos, biológicos, hídricos e climáticos (UNEP, 2014). De forma a contornar este problema, é necessário arranjar alternativas que contribuam para o uso eficiente dos recursos, de modo a tentar reverter a situação ambiental atual (Oliveira *et al.*, 2010; Pereira, 2005). Um dos recursos naturais mais utilizados na agricultura, hoje em dia, é a turfa. O seu uso excessivo tem levado à exploração de recursos não renováveis e, conseqüentemente, à destruição de ecossistemas, valiosos para o meio ambiente (Lazcano *et al.*, 2009).

### 2.2.1. Turfeiras

As turfeiras são ecossistemas de zonas húmidas, geralmente impermeáveis, logo bastante encharcadas, que contribuem positivamente para o ciclo da água. Têm um pH bastante ácido e a espécie vegetal mais conhecida de planta deste habitat é o *Sphagnum spp.* (Séneca, 2003; Mendes & Dias, 2009; Gabriel, 2010). Estes habitats são considerados ecossistemas raros e únicos no mundo, sendo um local ideal para o crescimento de certas espécies raras e protegidas. As turfeiras fazem parte do ciclo do carbono, permitindo o seu armazenamento (Séneca, 2003; Mendes & Dias, 2009; Centro de Ciência de Angra do Heroísmo, 2013).

Atualmente, e devido ao seu arejamento, humidade e capacidade de suporte para as sementes, a turfa é muito utilizada no setor hortícola para a germinação e crescimento de variadas espécies vegetais. Contudo, a utilização de turfa nos viveiros tem efeitos ambientais que podem ser negativos, pois envolve a exploração de recursos não renováveis e a degradação de habitats que podem ser únicos no mundo (Zaller, 2007 ; Lazcano *et al.*, 2009). Em alguns países a exploração das turfeiras tem vindo a ser proibida levando, assim, a que esta atinja preços bastante elevados nos países que a têm de importar (Lazcano *et al.*, 2009). Por forma a reduzir a utilização da turfa, tem vindo a ser sugerido o recurso a outros substratos orgânicos e diferentes métodos de fertilização (Zaller, 2007; Lazcano *et al.*, 2009). Porém, até à data ainda não existem estudos que demonstrem claramente a eficácia de outros substratos alternativos para estes fins.

### **2.2.2. A importância da matéria orgânica (MO)**

O solo é um ecossistema vivo e dinâmico, e um solo considerado saudável é constituído por diversos organismos que são responsáveis por realizar funções vitais, tais como a conversão de restos de seres vivos para MO e a produção de nutrientes (Bot & Benites, 2005; Powlson *et al.*, 2013). A MO do solo consiste numa variedade de componentes, incluindo uma fração orgânica ativa que inclui micro-organismos, e a MO resistente ou estável, também conhecida como húmus. A MO pode ser dividida em MO superficial e de profundidade. A superficial inclui restos animais e vegetais, e a de profundidade inclui fauna viva do solo e microflora de plantas e animais parcialmente decompostos e substâncias húmicas (Bot & Benites, 2005; Kononova, 2013; Powlson *et al.*, 2013).

A MO é importante para melhorar a estrutura do solo e a capacidade de cultivo, ajudando a prevenir a erosão e servindo de alimento aos organismos que lá habitam (Bot & Benites, 2005; Kononova, 2013). Os solos Europeus, principalmente da zona mediterrânica, apresentam um teor de MO baixo, devendo-se principalmente à aplicação excessiva de fertilizantes químicos em detrimento dos orgânicos, à realização de mobilizações do solo demasiado profundas, à elevada irrigação que leva à mineralização, ao aumento da monocultura, entre outros (Confragi, 2005; Oliveira *et al.*, 2010).

## 2.3. Métodos de fertilização

Para um desenvolvimento e crescimento correto das culturas, estas têm de ter à sua disposição macro e micronutrientes. O solo fértil deve ter a capacidade de fornecer às plantas os nutrientes de que elas precisam, de forma equilibrada, permitindo um rendimento elevado e melhoria na qualidade dos produtos. Quando o solo é pobre é necessário recorrer à fertilização, sendo que as exigências nutricionais variam entre as diferentes cultivares e métodos de produção (DRAPC, 2002; Confagri, 2005). Segundo a portaria nº 166 de 2012, um fertilizante é “qualquer substância utilizada com o objetivo de, direta ou indiretamente, manter ou melhorar a nutrição das plantas”, ou seja, fertilizantes são substâncias que se aplicam ao solo e/ ou à parte aérea da planta, com o objetivo de melhorar a sua nutrição e obter maiores e/ ou melhores produções (DRAPC, 2002).

Os fertilizantes podem ser subdivididos em adubos e corretivos. Os adubos atuam principalmente de forma direta, contêm teores elevados de nutrientes, principalmente macronutrientes, como o N, P e K, podendo também fornecer nutrientes secundários, como o cálcio (Ca), o magnésio (Mg) e o enxofre (S), e micronutrientes, como o ferro (Fe), o manganês (Mn), o zinco (Zn), o cobre (Cu), o boro (B), o molibdénio (MO), o cloro (Cl), entre outros. Os adubos podem ser minerais, orgânicos ou minero-orgânicos (DRAPC, 2002; Santos, 2002; Confagri, 2005; Tnau Agritech Portal, 2014). Por outro lado, os corretivos atuam sobre as plantas, sobretudo de modo indireto, melhorando as características físicas, químicas e biológicas do solo. Os corretivos têm, na sua maioria, nutrientes que podem exercer efeitos diretos na planta, mas a sua principal função é melhorar a fertilidade dos solos. Os corretivos podem ser minerais (alcalinizantes ou acidificantes), corretivos orgânicos e corretivos condicionadores (DRAPC, 2002; Santos, 2002; Confagri, 2005).

Em Portugal, em 2014, o consumo aparente de fertilizantes expresso em macronutrientes de Azoto (N), Fósforo ( $P_2O_5$ ) e Potássio ( $K_2O$ ), atingiu as 210 mil toneladas, representando um aumento de 1,9% face ao ano anterior (INE, 2015). O azoto foi o macronutriente que mais se destacou no total de consumo aparente de fertilizantes, com cerca de 59,6%, seguido do fósforo com 20,7% e por último do potássio com 19,7% (INE, 2015). Na Tabela 1 pode observar-se um aumento no consumo aparente de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  face ao ano de 2012, devido a um aumento na utilização de fertilizantes inorgânicos e a um aumento na incorporação de estrume nos solos (INE, 2015).

**Tabela 1 Consumo aparente (t) de fertilizantes inorgânicos azotados, fosfatados e potássicos na agricultura (inclui consumo de fertilizantes inorgânicos em áreas de lazer). Fonte: INE (2015)**

<b>Consumo aparente (t)</b>	2012	2013	2014
<b>Azoto (N)</b>	107 551	121 413	125 213
<b>Fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)</b>	32 976	41 521	43 521
<b>Potássio (K<sub>2</sub>O)</b>	28 345	43 196	41 339
<b>Total</b>	168 872	206 129	210 073

Quanto ao modo de aplicação, a fertilização pode ser feita a fundo, quando é realizada antes ou simultaneamente à sementeira ou plantação, ou de cobertura, quando é realizada na fase de crescimento e desenvolvimento das plantas (Santos, 2002).

Os fertilizantes orgânicos, com elevado teor de MO, têm vindo a ser utilizados cada vez mais em detrimento dos sintéticos, como forma de proteger o ambiente, preservando os solos (Bot & Benites, 2005).

### 2.3.1. Fertilizantes orgânicos

Segundo a portaria nº 166 de 2012, os fertilizantes orgânicos são “as matérias de origem vegetal, animal ou mistura de ambas, utilizadas para manter ou melhorar a nutrição das plantas, nomeadamente através da sua atuação sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos”. Dentro dos fertilizantes orgânicos estão incluídos os efluentes pecuários, restos marinhos (algas), detritos de culturas, lamas de depuração, resíduos sólidos urbanos, compostos e VCs (DRAPC, 2002; Confagri, 2005).

A aplicação de fertilizantes orgânicos pode trazer vários benefícios, tais como a redução da utilização de fertilizantes sintéticos e o aproveitamento e tratamento de resíduos que, de outra forma, seriam desaproveitados, valorizando assim certos excedentes que, desde que tenham uma composição adequada, podem ser aplicados ao solo (Confagri, 2005).

Segundo Dinesh *et al* (2010), a aplicação de fertilizantes orgânicos pode aumentar a atividade microbiana dos solos em mais de 16% quando comparado com os fertilizantes inorgânicos, podendo levar também a um aumento da atividade

enzimática, devido à libertação dos principais macro nutrientes essenciais para as plantas. Após uma aplicação prolongada de fertilizantes orgânicos, a MO dos solos aumenta, levando, assim, a um aumento da produtividade das culturas (Dinesh *et al.*, 2010; Lazcano *et al.*, 2013). Alguns estudos chegam mesmo a sugerir que mesmo uma aplicação de fertilizantes orgânicos em pequenas quantidades e num curto período de tempo pode também apresentar efeitos positivos no crescimento e desenvolvimento das culturas (Arancon *et al.*, 2004; Lazcano *et al.*, 2013). Porém, estes efeitos positivos dos fertilizantes orgânicos não se estendem a todas as culturas, já que em algumas situações a sua aplicação pode mesmo prejudicar o desenvolvimento de certas espécie, o que poderá estar relacionado com a sua composição, bem como com o tipo de solo onde são aplicados (Pimentel *et al.*, 2005).

## 2.4. Processo de vermicompostagem

A vermicompostagem é um processo ecológico e biológico complexo. É um processo aeróbio (bio-oxidativo), onde vermes detritívoros, microrganismos e outros invertebrados interagem, acelerando a estabilização da MO, modificando as suas características físicas e bioquímicas, dando origem a um fertilizante natural denominado vermicomposto (VC) (Almeida *et al.*, 2005; Aira *et al.*, 2007). As principais propriedades deste sistema incluem interações bióticas entre decompositores (bactérias e fungos) e a fauna do solo (Gomez - Brandon & Dominguez, 2014). Comparando a vermicompostagem com a compostagem, pode-se dizer que ambos são processos aeróbios, havendo diferenças no processo de produção, nomeadamente no que diz respeito à temperatura, ao tempo e ao tipo de organismos. A vermicompostagem é um processo não termófilo, rápido onde os vermes tem o papel principal, por outro lado a compostagem é um processo termófilo chegando a atingir temperaturas que podem rondar os 60 °C, lento, onde aparecem vários organismos decompositores (Atiyeh *et al.*, 2000a; Jack & Thies, 2006).

O VC é uma MO estabilizada, com pH próximo do neutro, inodora, leve, solta, granulada, com elevada capacidade de retenção de água e rica em nutrientes (Almeida *et al.*, 2005; Padmavathiamma *et al.*, 2008). Este é formado por pequenas partículas (os excrementos dos vermes), sendo que estes possuem microrganismos, bactérias e fungos. O VC contém altas taxas de mineralização, o que se reflete numa maior disponibilidade de nutrientes para as plantas (Jack & Thies, 2006; Gómez – Brandón & Domínguez, 2014). Do processo de vermicompostagem também é possível

aproveitar o lixiviado, que consiste no líquido proveniente do processo, que pode ser utilizado como fertilizante (Singh *et al.*, 2010).

No que diz respeito à atividade dos vermes, o processo de vermicompostagem é caracterizado por duas fases fundamentais: 1) fase ativa, onde os vermes processam a MO, modificando a sua composição física e composição microbiana; 2) fase de maturação que é marcada pela deslocação dos vermes para camadas com MO fresca não digerida, onde os microrganismos decompõem o substrato transformado pelos vermes (Gomez-Brandon & Dominguez, 2014). A fase de maturação não é fixa e depende, principalmente, da composição dos resíduos orgânicos e da eficiência da etapa anterior a esta, que, por sua vez, depende da espécie e densidade de vermes presentes, bem como da frequência de aplicação de resíduos por decompor (Aira *et al.*, 2007; Gomez – Brandon *et al.*, 2011a). O VC atinge a condição ideal após uma fase de envelhecimento. No que diz respeito às características biológicas que promovem o crescimento das plantas, ainda não se sabe ao certo o tempo ideal para a fase de maturação (Gomes - Brandon *et al.*, 2011a; Aguiar *et al.*, 2013; Gomez - Brandon & Dominguez, 2014).

A vermicompostagem é um processo simples e barato, que pode ser feito ao ar livre, desde que as condições climáticas sejam as indicadas, ou no interior (Edwards & Arancon, 2004). O primeiro passo é escolher o local, e nesta etapa deve ter-se em conta o ambiente (humidade, temperatura e luz). De seguida, deve escolher-se o sistema de vermicompostagem (leira, aterro, sistema doméstico, reator, etc) tendo em conta o espaço, a quantidade de resíduos que se pretende processar e o período de tempo durante o qual se deseja manter o sistema (Almeida *et al.*, 2005). Após ter estes parâmetros definidos, deve proceder-se à instalação da chamada cama. O VC deve ser recolhido periodicamente consoante o sistema utilizado. Os vermes devem ser alimentados regularmente, sendo que a escolha da espécie de verme a utilizar também é importante (Confragi, 2004; Edwards & Arancon, 2004).

### 2.4.1. Os vermes

Os vermes geralmente utilizados no processo de vermicompostagem pertencem à ordem *Oligochaeta*, que abrange mais de 8 mil espécies de cerca de 800 géneros. Os vermes aparecem em diversos habitats, tais como florestas, pradarias e terrenos agrícolas, tendo a capacidade de alterar as características físico-químicas e biológicas do solo (Dominguez, 2004; Gajalakshmi & Abbasi, 2004; Aira *et al.*, 2007). Vários



estudos demonstram a habilidade de certas espécies de vermes na decomposição de diferentes tipos de resíduos orgânicos, tais como, restos alimentares, lodo de esgoto, estrume animal e resíduos de culturas. Os vermes fragmentam o substrato, decompondo-o em MO e provocam um efeito de compostagem em que o material instável se torna estável (Edwards, 2004; Garg *et al.*, 2006) .

Devido aos seus diferentes comportamentos e habitats, os vermes podem ser divididos em três grupos ecológicos distintos: anécicos, endogeicos e epigeicos (Gajalakshmi & Abbasi, 2004; Drake & Horn, 2007). Os primeiros dois grupos são formados por vermes que vivem em galerias verticais e se encontram nos perfis mais profundos do solo, ao contrário das epigeicas que vivem junto à camada superficial do solo, alimentando-se principalmente de resíduos orgânicos, ingerindo grande quantidade de materiais não decompostos (Dominguez, 2004; Dominguez & Gómez - Brandón, 2005; Drake & Horn, 2007). Posto isto, o grupo ecológico mais utilizado na vermicompostagem é o grupo das epigeicas. Este grupo apresenta altas taxas de consumo, digestão e assimilação de MO, tolerância a uma ampla gama de fatores ambientais, um ciclo de vida curto, altas taxas de reprodução e elevada resistência ao manuseio (Dominguez & Edwards, 2010; Gómez-Brandón & Domínguez, 2014). Dentro deste grupo, as espécies mais utilizadas são a *Eisenia fetida* e a *Eisenia andrei*, (ambas conhecidas pelo nome comum de “vermelha da Califórnia”), a *Perionyx excavatus*, e *Eudrilus eugeniae*, de todas a mais comum é a *E. fetida* (Dominguez & Gómez - Brandón, 2005; Padmavathiamma *et al.*, 2008).

A *E. fetida* é uma espécie que se alimenta à superfície, é bastante resistente a diferentes condições climáticas e adapta-se bem a populações densas, preferindo zonas ricas em MO (Gunadi *et al.*, 2002; Dominguez, 2004). Vários estudos têm vindo a mostrar o amplo potencial desta espécie na conversão de desperdícios orgânicos em fertilizantes com alto benefício para uma extensa variedade de culturas e solos (Garg *et al.*, 2006; Aira *et al.*, 2007; Warman & AngLopez, 2010; Yadav & Garg, 2011). A *E. fetida* tem cerca de 12 cm de comprimento quando atinge a maturidade e apresenta uma cor avermelhada podendo ter faixas (Tabela 2). São resistentes, facilmente manuseadas, e podem chegar aos 4 – 5 anos de idade. Há evidências de que o VC produzido pela espécie *E. fetida* tem uma microflora específica, que pode contribuir para a atividade microbiana do mesmo, quando este se encontra no estado maduro (Dominguez, 2004; Edwards & Arancon, 2004; Jack & Thies, 2006; Dominguez & Edwards, 2011).

Tabela 2 Características gerais da espécie *Eisenia fetida*. Adaptado de: Dominguez & Edwards (2010).

Características	<i>Eisenia fetida</i>
Cor	Castanhos e bandas amarelas
Tamanho dos vermes adultos	4 – 8 mm x 50 – 100mm
Peso médio dos adultos	0,55 g
Tempo até à maturação (dias)	28 – 30
Número de ovos dia <sup>-1</sup>	0,35 – 0,5
Tamanho médio dos ovos (mm)	4,85 – 2,82
Tempo de incubação (dias)	18 – 26
Viabilidade para incubação (%)	73 – 80
Número de ovos de vermes <sup>-1</sup>	2,5 – 3,8
Autofertilização	+
Temperatura ideal e Limites (°C)	25 (0– 35)
Humidade ideal e limites	80% - 85% (70% - 90%)

Na vermicompostagem, os microrganismos e os vermes são os seres vivos mais numerosos, existindo também protozoários e outros animais, como nemátodos e microartropodes (Gomez - Brandon & Dominguez, 2014). A degradação bioquímica da MO é feita em parte pelos micróbios. Por sua vez, os vermes afetam a decomposição da MO através dos processos associados ao intestino, começando pela ingestão, digestão e assimilação da MO, bem como pela presença de microrganismos no intestino e excrementos. Posto isto, a MO em decomposição num sistema de vermicompostagem é uma matriz espacial e temporalmente heterogénea com diferentes taxas de decomposição (Aira *et al.*, 2007; Castillo *et al.*, 2013; Gomez-Brandon & Dominguez, 2014).

## 2.4.2. Resíduos utilizados na vermicompostagem

Na vermicompostagem são utilizados resíduos orgânicos como fonte de alimento para os vermes. Estes resíduos podem ser divididos em dois grandes grupos: Resíduos provenientes de explorações agrícolas (estrume de aves, de gado, de cavalo, de porco, entre outros) e resíduos domésticos/ industriais (resíduos alimentares, resíduos agro – alimentares, papel, resíduos de jardim e lamas) (Edwards & Arancon, 2004; Almeida *et al.*, 2005).

### 2.4.3. Fatores que influenciam o processo de vermicompostagem

O processo de vermicompostagem pode ser influenciado por diversos fatores, entre eles: a temperatura, que é o fator mais importante no processo; a humidade, é através da pele que ocorrem as trocas gasosas e a excreção metabólica; a luminosidade, os vermes são sensíveis à luz, contêm as células fotorreceptoras que detectam a luz; O pH; o oxigénio, os vermes são aeróbios, as trocas gasosas são feitas através da pele, obtêm oxigénio por difusão; a amónia e sal; e os insetos, o aparecimento de insetos como moscas e mosquitos, pode ocorrer quando há excesso de alimentos no vermicompostor, quando se adicionam alimentos podres ou muitos citrinos (Edwards & Arancon, 2004; Gajalakshmi & Abbasi, 2004; Almeida *et al.*, 2005; Dominguez & Edwards, 2011). Os intervalos aconselhados para cada um destes parâmetros estão descritos na Tabela 3.

**Tabela 3** Fatores que influenciam o processo de vermicompostagem. Adaptado de: Edwards & Arancon (2004).

Fator		Exigências
Temperatura	Ideal	15 – 24 °C
	Limite	0 – 35 °C
Humidade	Ideal	80 – 90%
	Limite	60 – 90%
Amónia		Baixa <0,5 mg/g
Sal		Baixo <0,5 mg/ kg
pH		5 - 9
Necessidade de oxigénio		Aeróbico

### 2.4.4. Sistemas de vermicompostagem

Os sistemas de vermicompostagem podem ir desde métodos muito simples, como leiras, pequenos aterros de resíduos ou pequenos recipientes, até sistemas mais complexos, como reatores automatizados de fluxo contínuo (Edwards & Arancon, 2004; Edwards, 2004).

O sistema de vermicompostagem mais utilizado é o sistema em caixa/ contentor (sistema doméstico). Trata-se de um sistema simples e económico que, feito em pequena escala, tem como principal objetivo a reciclagem dos resíduos orgânicos produzidos em casa (Edwards & Arancon, 2004; Almeida *et al.*, 2005). Existe ainda o sistema em tabuleiro, que envolve baixo investimento de capital, mas comparando

com o sistema em caixa/ contentor é mais difícil de controlar; o sistema de canteiro/ pilha, é caracterizado por ser um sistema barato, mas pouco prático. Neste caso, o tamanho das camas é flexível, não devendo estas ultrapassar os 2,4 metros de profundidade (Edwards & Arancon, 2004; Almeida *et al.*, 2005; Munroe, 2007); o sistema “wedge”, baseia-se na adição sucessiva de pequenas camadas finas de resíduos orgânicos num ângulo de 45° a partir de uma barreira móvel vertical (Edwards & Arancon, 2004); o sistema de reator, é um sistema dispendioso, com temperatura e a humidade controladas, que pode ser de média tecnologia, recorrendo a mão de obra manual, ou de alta tecnologia, onde o processo é automatizado. Estes reatores são considerados como tendo um potencial económico superior comparado com os outros sistemas, produzindo, assim, um vermicoposto de qualidade superior num espaço de tempo relativamente curto (Edwards & Arancon, 2004; Munroe, 2007).

Para qualquer sistema de vermicompostagem, é importante colocar os resíduos em pequenos intervalos e em pequenas camadas, de modo a não sobrecarregar o sistema, mantendo sempre o ambiente arejado, com humidade e temperatura adequadas (Edwards & Arancon, 2004).

### 2.4.5.Recolha do vermicomposto

O VC deve ser recolhido quando já não apresentar MO por decompor. Em alguns sistemas mais avançados o VC é automaticamente separado dos vermes permitindo assim a sua recolha de forma fácil e eficaz (Sherman, 2003; Edwards & Arancon, 2004).

No caso dos sistemas “wedge”, os vermes migram das camadas mais antigas para as camadas com MO fresca permitindo assim a recolha do VC livre de vermes. No que diz respeito aos reatores, um sistema hidráulico é responsável por passar uma barra através da grade, fazendo com que o vermicomposto pronto seja depositado no chão ou num recipiente próprio. Em sistemas menos avançados, são necessárias outras técnicas de recolha do VC. Por exemplo, no caso dos canteiros/ pilhas, geralmente é utilizado um trator que remove as camadas superficiais do material onde os vermes podem ser encontrados. Neste caso, também se pode fazer uma nova pilha ao lado da antiga, com MO fresca para onde os vermes se vão deslocar, libertando, assim, o VC. (Sherman, 2003; Confragi, 2004; Edwards & Arancon, 2004).

A recolha do VC em caixa/ contentor é feita de forma diferente, uma vez que este tem de ser separado dos vermes de modo a ser aplicado. São várias as técnicas utilizadas, entre elas o método de separação manual, o método de separação por migração, o método da luz e o método da folha de plástico (Sherman, 2003; Confragi, 2004; Edwards & Arancon, 2004; Almeida *et al.*, 2005).

#### 2.4.6. Maturação do vermicomposto

Como acima indicado, após a recolha do VC este deve passar por um período de maturação, onde é seco à temperatura ambiente e ao ar livre até estabilizar, sendo que em certos sistemas este é maturado no local (ex: reator) (Aira & Dominguez, 2007). Quando a matéria tiver um odor a terra húmida está pronta a ser recolhida de modo a ser crivada e armazenada. Para sofrer uma crivagem ideal é aconselhado que o VC tenha uma humidade de cerca de 35%. Caso se pretenda armazenar o VC por longos períodos de tempo, este deve ser seco de modo a manter as suas propriedades nutricionais e não formar bolores (Almeida *et al.*, 2005).

#### 2.4.7. Composição nutricional do vermicomposto

O VC é caracterizado por ter um rácio C:N baixo e por conter nutrientes importantes como o N, P, K, Ca e o Mg (Edwards & Arancon, 2004; Garg *et al.*, 2006; Adhikary, 2012). Este é também considerado um fertilizante de libertação lenta, o que leva a uma libertação prolongada de N, reduzindo, assim, a perda de nutrientes por lixiviação. Contém também hormonas de crescimento e ácidos húmicos que podem atuar como reguladores de crescimento das plantas. Para além disso, o VC melhora as características físicas do solo, aumentando a capacidade de retenção da água (Jack & Thies, 2006; Lazcano & Dominguez, 2011).

#### 2.4.8. Métodos de aplicação de vermicomposto

O VC pode ser utilizado como fertilizante de fundo (misturado com a camada superficial do solo antes da plantação), como fertilizante de cobertura (aplicado diretamente junto à planta durante o seu ciclo de cultivo), ou utilizado como mistura com terra/ substratos para vasos e sementeiras (Confragi, 2004; Dominguez, 2004; Adhikary, 2012). O lixiviado também pode ser aplicado devidamente diluído em água, como spray foliar, ou aplicado diretamente no solo, misturado na água da rega (Zaller,

2006). As doses de aplicação dependem do tipo de VC e da cultura (Dominguez, 2004, Adhikary, 2012).

#### 2.4.9. Benefícios da aplicação do vermicomposto como fertilizante orgânico

Vários estudos comprovam os benefícios da aplicação de VC numa grande variedade de espécies, quer sejam utilizados para sementeira ou em vaso, em cultivos em estufa, ou ar livre (Lazcano & Dominguez, 2010). Por exemplo, foram demonstrados benefícios da aplicação de VC em diferentes espécies hortícolas, tais como: tomate (e.g. Atiyeh *et al.*, 2000b; Lazcano *et al.*, 2009; Gutiérrez-Miceli *et al.*, 2007; Zaller, 2007); pimento (Arancon *et al.*, 2004b, Arancon *et al.*, 2005); e morango (Singh, R. *et al.*, 2008; Arancon *et al.*, 2004a), entre outros. Efeitos benéficos também foram registados em plantas aromáticas e medicinais (Anwar *et al.*, 2005), em plantas ornamentais como a petúnia (Arancon *et al.*, 2008) e crisântemo (e.g. Hidalgo and Harkess 2002) e em cereais, como o milho (Lazcano *et al.*, 2011) e o sorgo (Reddy and Ohkura, 2004; Sunil *et al.*, 2005).

O VC tem efeitos benéficos no solo, resultando num aumento da raiz, número de folhas, número de flores, bem como na quantidade de frutos comercializáveis. Aumenta também, em alguns casos, o valor nutricional das culturas (Atiyeh *et al.*, 2001; Chaoui *et al.*, 2003; Ferreras *et al.*, 2006). O benefício dos lixiviados provenientes do processo de vermicompostagem também foi comprovado, através da sua aplicação no substrato ou em spray (Zaller, 2006; Gutiérrez-Miceli *et al.*, 2008; Tejada *et al.*, 2008; Singh *et al.*, 2010).

Contudo, apesar dos efeitos benéficos acima descritos, existem estudos que comprovam que o VC pode ter efeitos negativos, levando à diminuição do crescimento das plantas e mesmo à morte (Lazcano & Dominguez, 2010). Isto pode dever-se à forma de cultivo, bem como às características químicas, físicas e biológicas do VC, que variam tendo em conta as matérias primas, o modo de produção e a idade. Existem também variações tendo em conta a espécie da planta (Zaller, 2007; Lazcano *et al.*, 2010). Como tal, é importante explorar o efeito de diferentes formulações e volumes de VC para melhor compreender o efeito no mesmo no crescimento das plantas.

## 2.5. Tomate

O tomate (*Solanum lycopersicum*) é uma das hortícolas mais consumidas em todo o mundo, tanto no que diz respeito ao consumo em fresco como para a indústria (Heuvelink, 2005). O tomate é originário dos Andes e crê-se que as suas formas ancestrais tenham crescido na área do Peru – Equador, tendo a primeira domesticação extensiva sido registada no México (Almeida, 2006). O tomate foi introduzido na Europa pelos Espanhóis no séc. XVI. A aceitação da sua cultura por parte dos Europeus foi lenta, tendo sido inicialmente usado como planta ornamental na maioria dos países deste continente. A meados do séc. XVII o seu consumo tornou-se generalizado na Europa, mas foi apenas no séc. XX que o tomate se expandiu à escala mundial (Abreu & Fernandes, 2001; Heuvelink, 2005; Almeida, 2006).

### 2.5.1. O tomate e as suas propriedades

O tomate é uma planta herbácea, arbustiva e de cultivo anual. Tem uma raiz axial que pode atingir uma profundidade de 1,5 m e a raiz principal produz uma grande quantidade de ramificações secundárias e raízes adventícias, que aparecem na base do caule. O caule do tomateiro pode atingir uma altura superior a 2 m, podendo ser ereto ou prostrado. O desenvolvimento do caule depende da cultivar de tomate, sendo que existem dois tipos principais: cultivares de crescimento determinado ou indeterminado. Nas cultivares de crescimento determinado, o caule principal, após produzir diversas inflorescências laterais, para de crescer, devido ao aparecimento de uma inflorescência terminal. Esta tipologia de cultivares é a mais utilizada para a indústria uma vez que permite uma apanha única dos frutos (Bot & Benites, 2005; Almeida, 2006). Nas cultivares de crescimento indeterminado ou indefinido o meristema apical não dá origem a uma inflorescência, o que leva a um crescimento contínuo do caule principal e originando inflorescências apenas lateralmente. Estes são mais utilizados para consumo em fresco uma vez que dão origem a uma produção escalonada ao longo de vários meses. O tomateiro é composto por folhas compostas e produz 5 – 12 flores hermafroditas com polinização maioritariamente autogâmica, sendo que os polinizadores mais importantes são as abelhas e os abelhões. O tomate é uma baga, apresenta o formato globular a achatado, após a maturação exibe uma cor vermelha, sendo que algumas variedades apresentam cor amarela ou violeta. Os frutos têm um diâmetro que pode variar entre os 3 e 16 cm. Existem várias tipologias de fruto, desde os redondos, ao coração de boi, chucha, cocktail e cereja (Abreu & Fernandes, 2001; Bot & Benites, 2005; Schwarz, 2014).

Na Tabela 4 e 5 são apresentadas as condições edafo-climáticas ideais para o cultivo desta espécie, tendo em conta o estado de desenvolvimento da mesma. É ainda importante referir que se trata de uma espécie pouco resistente à seca, mas que também não tolera solos demasiado encharcados (Abreu & Fernandes, 2001; Heuvelink, 2005; Almeida, 2006; Schwarz, 2014).

**Tabela 4 Condições climáticas ideais para as diferentes fases de crescimento do tomate, em estufa e no campo. Adaptado de: Heuvelink (2005) e Almeida (2006).**

Fase da cultura	Temperatura ideal (estufa)	Temperatura ideal (campo)
Germinação	18 - 25 °C (25 °C acelera germinação)	25 °C
Desenvolvimento vegetativo	Dia: 22 – 25 °C Noite: 15 – 18 °C	Dia: 25–30°C Noite: 16–20°C
Floração	21 °C	
Vingamento	18 – 24 °C	
Maturação	15 – 22 °C	
Humidade Relativa (%)		
70 - 80		

**Tabela 5 Composição ideal do solo para o desenvolvimento do tomateiro. Adaptado de: Almeida (2006).**

Solo	
<b>Tipo de solo</b>	Fundos, soltos, arejados, com boa drenagem, com matéria orgânica e de textura franca ou areno – argilosa.
<b>pH</b>	5,5 – 6,5
<b>Salinidade</b>	Nível crítico - 2,5 dS.m <sup>-1</sup>

A tutoragem, a poda, a desfolha, a desponta, a monda, o controlo de infestantes e o controlo de pragas e doenças, são fundamentais para a produção de frutos de qualidade. A colheita é determinada principalmente pela cor do fruto. Os frutos colhidos são posteriormente separados em diferentes categorias de acordo com o calibre e ocorrência de defeitos: categoria extra (qualidade superior); categoria I (boa qualidade) ou categoria II (com mais defeitos). A colheita pode ser manual ou



mecânica, sendo que a mecânica é mais usual em tomate para indústria (Heuvelink, 2005; Almeida, 2006).

## 2.5.2. Necessidades nutricionais do tomateiro

O tomateiro, para o seu correto desenvolvimento, necessita de nutrientes; o ideal é usar um fertilizante orgânico ou químico que disponibilize a quantidade de nutrientes adequados para a cultura (Tabela 6). A fertilização, quando efetuada corretamente, contribui para um aumento da produtividade quer em qualidade quer em quantidade, tornando-se, assim, uma das operações mais importantes no cultivo do tomate. Os nutrientes são geralmente fornecidos à planta através da fertirrigação. O recurso a adubos ou corretivos orgânicos é vantajoso na medida em que diminui a aplicação de fertilizantes químicos que, em demasia, podem ser prejudiciais para o solo e para a cultura (Heuvelink, 2005; Almeida, 2006).

**Tabela 6 Necessidades nutricionais do tomateiro em estufa. Adaptado de: Almeida (2006).**

Estufa					
Nutrientes (kg/ha)	N	P	K	Ca	Mg
	370	116	775	253	60

## 2.5.3. Produção em estufa ou ao ar livre

A cultura do tomate tem dois ciclos assinalados, um na primavera/ verão e outro no outono/ inverno. É na primavera/verão que se regista a maior prática cultural em que se inclui a de ar livre para indústria. Já a produção de outono/ inverno é realizada quase exclusivamente em estufa (Heuvelink, 2005; Almeida, 2006). Relativamente ao tomate de ar livre, a plantação ocorre entre março e junho, podendo ser feita por sementeira direta ou transplantação. O solo é lavrado, mobilizado e são preparados os camalhões. É conveniente fazer análises regulares ao solo de modo a determinar a sua composição química de modo a corrigir os níveis de nutrientes de acordo com as necessidades culturais. A irrigação é um aspeto muito importante na cultura de tomate, sendo que a frequência e volume de irrigação dependem do clima e das características do solo. O principal método de irrigação é o de gota a gota (estufas) ou em sulco (ar livre). A colheita de tomate para indústria é feita mecanicamente quando 80 a 90% dos tomates estão maduros, o que tem lugar entre o início de junho e meados de outubro. É importante fazer rotação com outras culturas, com um período de recorrência mínimo de 3 anos (Abreu & Fernandes, 2001; Heuvelink, 2005).

Na produção em estufa é geralmente efetuada uma transplantação com raiz protegida, sendo que a época de plantação varia consoante a zona do país. O terreno tem de ser preparado, desinfetado, mobilizado e, se necessário, recorre-se à fertilização de fundo. A rega e a adubação de cobertura são feitas por fertirrigação. No cultivo em estufa, a polinização é assistida, geralmente recorre-se à espécie *Bombus terrestris*. As colmeias costumam ser colocadas a uma distância de 1000 m quando surge a primeira inflorescência. O fruto pode ser colhido desde verde – maduro a maduro (Abreu & Fernandes, 2001; Heuvelink, 2005; Almeida, 2006).

#### 2.5.4. Importância económica em Portugal e no Mundo

Em 2014, a área total de tomate para consumo em fresco registou um total de 1 249 ha e cerca de 89 169 t de produção (Fig. 1A e B), com um preço médio de 52,58 Euros/100 kg. Em Portugal continental a área de hortícolas em estufas/ abrigos altos representou 4,1% e produziu 14,7 % do total dessas culturas, sendo que o tomate para consumo em fresco continuou a ser a cultura com maior produção nesta modalidade, registando cerca de 75 mil toneladas o que correspondeu a cerca de 94,4% da produção total desta cultura (INE, 2015).

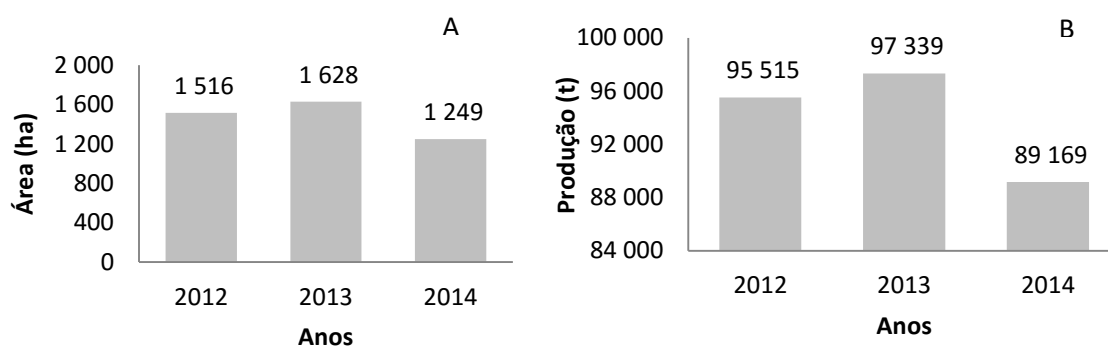
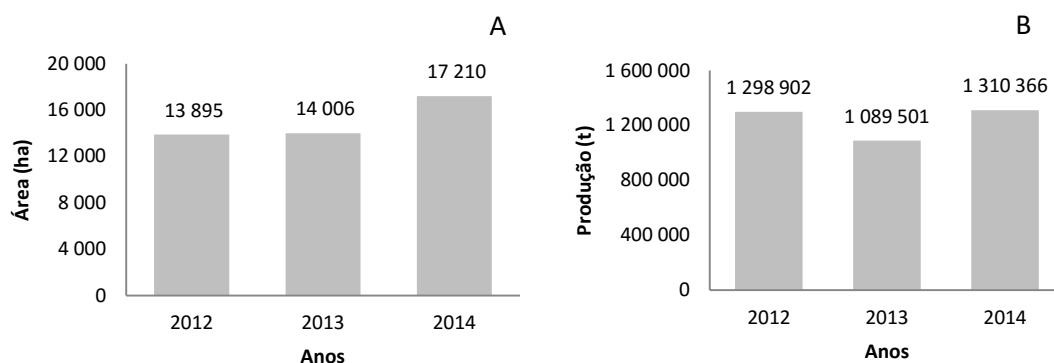


Figura 1 A) Evolução da área de cultivo e B) da produção de tomate em fresco em Portugal entre 2012 e 2014. Fonte: INE, 2015.

Em Portugal, a aposta na produção do tomate tem sido elevada, consolidando o nosso país no top 5 dos maiores exportadores mundiais de tomate para indústria (Observatório do tomate, 2015). O tomate para indústria registou em 2014 uma área total de 17 210 ha, o que representa um aumento de 23% comparando com o ano anterior e 1 310 366 t de produção (Fig. 2A e B).



**Figura 2 A) Evolução da área de cultivo e B) da produção de tomate para indústria em Portugal entre 2012 e 2014. Fonte: INE, 2015.**

À escala mundial, a produção de tomate em 2014 fixou-se nos 33 milhões de toneladas. Em Portugal foram processadas cerca de 1 milhão e 200 mil toneladas de tomate, o que permitiu atingir 250 milhões de euros em exportações, colocando Portugal no 4º lugar do ranking dos maiores exportadores mundiais (Observatório do Tomate, 2015).

### 3. Materiais e Métodos

De modo a atender aos objetivos acima descritos procedeu-se à realização de três experiências independentes com a cv 'Vinício'. A Exp. 1 foi realizada durante 30 dias, tendo sido avaliados 10 tratamentos (resultantes da combinação de três formulações de VC com três volumes de VC e um tratamento controlo sem VC). Na Exp. 2, foram usadas plântulas cultivadas em vaso durante 40 dias, num substrato universal pobre enriquecido com 20% (vol.) de cinco formulações distintas de VC e um tratamento controlo (sem VC). Por fim, foi realizado um ensaio numa estufa comercial com aplicação de fundo de três tratamentos: 2 e 4 kg/m<sup>2</sup> de VC e 0,15 kg/ m<sup>2</sup> de adubo orgânico comercial.

Para as experiências abaixo mencionadas foram utilizados cinco VCs. Um dos VCs, ao qual se deu o nome de protomate (VC P), foi feito à base de restos alimentares (restos hortícolas, restos de pomoidas e borras de café) e foi produzido na Universidade Católica Portuguesa. Obtiveram-se também três VCs ainda em fase de pré-maturação (VC A1, VC A2 e VC A3) fornecidos por uma empresa start – up. Estes

VCs foram produzidos à base de excremento animal misturado com resíduos hortofrutícolas (não especificados pela empresa). Utilizou-se ainda um VC comercial (VC C) já maturado, produzido à base de estrume.

### 3.1. Produção e maturação do vermicomposto

Para a produção deste VC P foi utilizada uma caixa adaptada para a vermicompostagem com filtros de ar. O substrato (cama) foi feito à base de pequenos galhos, folhas secas e papel triturado. Nestes colocaram-se os vermes (involucro de vermes adultos) da espécie *E. fetida*, e o alimento dado consistiu em restos de pomóideas, hortaliças e borras de café (Fig. 3). No topo colocaram-se novamente folhas de papel trituradas de modo a controlar a humidade do vermicompostor. O vermicompostor foi colocado num local escuro com uma humidade relativa a rondar os 80% e uma temperatura que variou entre os 12 e 22 °C. O alimento foi adicionado quinzenalmente durante aproximadamente quatro meses. Ao longo do processo de vermicompostagem adicionaram-se, no total, 13,6 kg de alimento.



Figura 3 Vermicompostor com cama e inoculo inicial de vermes.

Após terminar o processo de vermicompostagem procedeu-se à separação do VC P dos vermes, utilizando o método manual e o método da luz, em simultâneo. Para tal, o VC foi colocado numa zona com bastante luminosidade, por forma a que os vermes (sensíveis à luz) se deslocassem para as camadas inferiores do VC. As camadas superiores foram removidas e, manualmente, retiraram-se os vermes restantes.

Após a obtenção do VC P efetuou-se a maturação do mesmo e dos três VCs fornecidos pela empresa start – up. A primeira fase da maturação foi feita em ambiente controlado em câmara de fitoclima a 25 °C e 55% de humidade, durante um período

de 11 a 15 dias (conforme o teor de humidade de cada VC). Após este período os VCs foram crivados e armazenados (Fig. 4). A segunda fase consistiu num período de maturação natural de aproximadamente 45 dias à temperatura ambiente até estabilização do pH (indicador de boa maturação).



**Figura 4** Aspecto geral do vermicomposto após ser peneirado.

## 3.2. Análises aos vermicompostos

Após a primeira fase de maturação foram efetuadas as seguintes análises: peso seco, pH, análise do odor, análise do azoto e análises minerais.

Para cálculo do peso seco, as amostras foram pesadas, e secas em estufa, a 60°, durante três dias. Após este período, as mesmas voltaram a ser pesadas de forma a determinar o peso seco e o teor de água.

O pH foi determinado colocando as amostras a secar por um período de três dias a 60°C, de seguida foram peneiradas, pesou-se 5 g da amostra e adicionou-se 25 ml de água (1:5). Agitou-se tudo durante 15 min, deixou-se a repousar 30 min e, por fim, efetuou-se a medição do pH do sobrenadante com um elétrico (Crison, Barcelona) (adaptado de: Fidalgo & Teixeira, 2014/2015).

Para a análise ao odor, foi retirada uma amostra de cada VC, estas foram colocadas em sacos, separadamente. Passados uns dias tinham um cheiro a terra húmida, logo estavam prontos a ser utilizados.

Foi utilizado o método Kjeldahl para a análise do azoto, que permitiu determinar o teor de azoto orgânico total. Foram pesadas 0,2 g de amostra trituradas e homogeneizadas

(amostras em triplicado). Todos os compostos orgânicos foram digeridos com ácido sulfúrico, na presença de catalisadores e o azoto orgânico total foi convertido em sulfato de amónio. O material digerido foi neutralizado com uma base e destilado numa solução de ácido bórico. Os aniões borato formados foram titulados com uma solução padrão de ácido, obtendo-se o teor de azoto na amostra (Figueiredo, 2009).

Para as análises minerais foram pesados 0,2 g de amostra, aos quais foram adicionados 5ml de HNO<sub>3</sub> a 65% num recipiente de reação Teflon, tendo depois sofrido digestão num sistema de micro-ondas Speedwave<sup>TM</sup> MWS-3 + (Berghof, Alemanha). A digestão foi realizada em cinco passos: 1) 30 °C / 10 min, 2) 160 °C / 15 min, 3) 170 °C / 12 min, 4) 100 °C / 7 min e 5) 100 °C / 3 min. Às soluções resultantes foram adicionados 20 mL de água ultrapura para análise posterior. O teor de nutrientes foi analisado utilizando ICP-OES Optima 7000 DV (PerkinElmer, EUA) (Roriz *et al.*, 2014). Toda a análise foi feita em triplicado. Foi analisado o Mo, Zn, Pb, Co, B, Mn, Fe, Mg, Ca, Cu, Na, e Al .

Após a segunda fase de maturação, voltaram a repetir-se os testes acima referidos menos os minerais (ICP). Análises ao carbono foram também efetuadas nesta fase, num laboratório especializado (Laboratório de plantas e solos, UTAD, Vila Real). De referir que o pH e o odor foram medidos ao longo desta fase, de modo a avaliar a maturação do VC. Aquando da estabilização de ambos os VCs estavam prontos a ser utilizados.

### 3.3. Experiência 1 – Ensaio de emergência das plântulas em ambiente controlado

Para o ensaio de emergência das plântulas utilizaram-se sementes da cultivar de tomate 'Vinício'. Selecionaram-se para este ensaio o VC P, um dos VCs da start - up (VC A1) e o VC C. Foram realizados 10 tratamentos (diferentes proporções VC/ turfa) (v:v) (Tabela 7), com 20 repetições por tratamento, em desenho aleatório, em tabuleiros de germinação. Esta experiência foi efetuada em ambiente controlado, em câmara de fitoclima e teve uma duração de 30 dias.

**Tabela 7** Resumo dos dez tratamentos utilizados na Experiência 1, onde foram testadas três formulações de vermicomposto (VC) aplicados em três volumes aos alvéolos de sementeira.

Formulações	Tratamentos (%vermicomposto) (v:v) *	Sigla
<b>Controlo</b>	0% VC	Controlo
<b>VC P</b>	33%, 66% e 100% VC	VC P/ t (1:2); VC P/ t (2:1) e VC P/ t (1:0)
<b>VC A1</b>	33%, 66% e 100% VC	VC A1/ t (1:2); VC A1/ t (2:1) e VC A1/ t (1:0)
<b>VC C</b>	33%, 66% e 100% VC	VC C/ t (1:2); VC C/ t (2:1) e VC C/ t (1:0)

\* Restante volume do alvéolo utilizada TURFA

Nos primeiros 15 DAS (dias após sementeira), os tabuleiros de germinação foram colocados numa câmara de fitoclima a 25°C, 75% de humidade e com uma radiação de  $51 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , com um período diurno de 16 horas e um período noturno de 8 horas. A partir dos 15 DAS as plântulas foram transferidas para uma câmara de fitoclima a 20°C, 75% de humidade e uma radiação média de  $123 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , um período diurno de 16 horas e um noturno de 8 horas. Foi determinada a emergência e, a partir do 14º dia, começou a medir-se a altura e o número de folhas.

A monitorização foi efetuada duas vezes por semana e, ao fim dos 30 DAS, efetuaram-se as medições das clorofilas (SPAD) e as análises destrutivas, pesaram-se as folhas, caule e raiz (peso fresco) e, após secagem em estufa a 60 °C durante sete dias, calculou-se o peso seco.

Através dos dados recolhidos calculou-se: 1) emergência das plântulas; 2) a média da altura das plantas e a média do número de folhas; 3) a média dos teores relativos de clorofilas (SPAD); 4) a média dos pesos secos; 5) ratio parte radicular/parte aérea.

### 3.4. Experiência 2 – Ensaio de crescimento em ambiente controlado

Plântulas enraizadas da cultivar 'Vinício' com cerca de 6 semanas foram transplantadas para vasos de 1,5 l e foram realizados seis tratamentos com seis repetições por tratamento em desenho aleatório (Tabela 8). Selecionaram-se, para este ensaio, o VC P, os três VCs fornecidos pela start - up (VC A1, 2 e 3) e o VC C. Utilizou-se um substrato universal pobre (BCM – BRICOLAGE, S.A.). Esta experiência foi efetuada em ambiente controlado, em câmara de fitoclima durante 45 dias.

Tabela 8 Resumo dos seis tratamentos utilizados na Experiência 2, onde foram testadas cinco formulações de vermicomposto (VC) aplicados num volume de 20% a vasos de 1,5 l com 80% de substrato universal (v:v).

Formulações	Tratamentos (% vermicomposto) (v:v)
Controlo	0% VC
VC C	20% VC
VC P	20% VC
VC A1	20% VC
VC A2	20% VC
VC A3	20% VC

Os vasos foram colocados numa câmara de fitoclima a 20 °C, 75% de humidade, 165  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  de radiação, 16 horas diurnas e 8 horas noturnas. Foi medida a altura, o número de folhas, a data de floração e o número de frutos (Fig. 5).



Figura 5 Plantas transplantadas para vasos de 1,5 l com as diferentes formulações de vermicomposto.



A monitorização foi efetuada duas vezes por semana e durante 45 DAT (dias após transplantação), tendo incluído a determinação do teor de clorofilas das folhas inferiores e superior (SPAD) e as análises destrutivas. Pesaram-se as folhas, o caule, a raiz e os frutos (peso fresco), foi determinada a área foliar (Adobe Photoshop CC 2014) e, após a secagem em estufa a 60 °C durante sete dias, calculou-se o peso seco.

Através dos dados recolhidos calculou-se: 1) a média da altura das plantas e a média do número de folhas; 2) a média do comprimento de entre - nós; 3) a média dos teores de clorofilas das folhas inferiores e superiores (SPAD); 4) a área foliar; 5) a média do peso seco e; 6) o rácio parte radicular/ parte aérea.

### 3.5. Experiência 3 – Ensaio de crescimento em estufa comercial

Este ensaio teve início no dia 11/03/2015 (dia da aplicação dos tratamentos) numa das estufas da empresa Campilegumes, Malta, no concelho de Vila do Conde, e prolongou-se até julho. O ensaio foi instalado numa estufa com cobertura em polietileno do tipo multi-túnel de paredes retas e teto curvilíneo.

A cultivar de tomateiro utilizada foi a 'Vinicio' (fornecida por um viveiro escolhido pelo produtor) enxertada em 'Multifor' a quatro hastes, com uma distância entre plantas de 80 cm (definido pelo produtor). Foi utilizado um VC comercial e um adubo orgânico granulado comercial (Vitagranu) para a realização da experiência, quatro tratamentos, inicialmente com 30 repetições por tratamento distribuídos por três blocos ao longo de duas naveas (Tabela 9). Foram escolhidas linhas de 10 m<sup>2</sup> por tratamento, por bloco, com um espaçamento entre blocos de oito metros (correspondendo a um total por tratamento de três blocos, 30 m<sup>2</sup>).

**Tabela 9** Resumo dos quatro tratamentos utilizados na Experiência 3, onde foi testada uma formulações de vermicomposto (VC) em duas doses distintas e um adubo orgânico.

Formulações	Tratamentos	Sigla
<b>Controlo</b>	Solo sem aplicação de fertilizantes	Controlo
<b>VC comercial 1</b>	Vermicomposto comercial: 2 kg m <sup>-2</sup>	VC C1
<b>VC comercial 2</b>	Vermicomposto comercial: 4 kg m <sup>-2</sup>	VC C2
<b>Adubo Orgânico</b>	0,15kg m <sup>-2</sup>	AO

Antes da aplicação dos tratamentos foram feitas análises ao solo. Foram recolhidas amostras com ajuda de uma pá, na camada arável do solo (25 cm superficiais), ao longo das linhas escolhidas para a experiência; de seguida, estas foram analisadas num laboratório especializado (A2, Análises Químicas, Guimarães). O solo foi preparado através de uma subsolagem (Fig. 6A), de seguida, o VC e o adubo orgânico foram incorporados nos 15/20 cm superficiais (Fig. 6B e 6C). Recorrendo a uma fresa horizontal, colocaram-se dois tubos gotejadores autocompensantes por linha e foi aplicada uma cobertura em polietileno, preto e opaco, com espessura de 30 µm. Por fim, as plântulas foram transplantadas com raiz protegida em motte (13/03/2015) (Fig. 6D). A rega, inicialmente, foi feita recorrendo apenas à água corrente, somente duas semanas antes da primeira colheita é que se deu início à fertirrigação, que continha todos os nutrientes necessários para o desenvolvimento da cultura (azoto, fósforo, potássio, cálcio e magnésio).



**Figura 6** Diferentes fases de preparação do terreno e aplicação dos fertilizantes: (A) aspecto do solo após subsolagem; (B) distribuição manual do VC nos talhões em estudo (mancha escura); (C) distribuição do adubo orgânico no solo recorrendo a trator; (D) aspecto dos talhões após plantação.

Para cada planta, procedeu-se ao registo da altura (até 24 Abril) e do número de folhas (até 8 de Abril). Devido a limitações inerentes às práticas culturais não foi possível fazer estas medições até ao final da experiência. Das 10 plantas iniciais por bloco selecionaram-se 6 por tratamento e registou-se a data da primeira floração, a data de vingamento, o número de frutos comercializáveis, o peso de frutos comercializáveis, o número de frutos não comercializáveis e o peso de frutos não comercializáveis (Fig. 7 e 8 ). Utilizou-se a escala de cor definida pelo C.B.T. Central Bureau of Horticultural Auctions (Abreu & Fernandes, 2001), através do qual foi definido que o fruto estava pronto a ser colhido nos estádios 2, 3 e 4 (Fig. 9). Os frutos não comercializáveis foram definidos tendo em conta os seguintes critérios: 1) peso inferior a 80g; 2) lesões não cicatrizadas na epiderme ou lesões cicatrizadas superiores a 3 cm (Fig 10A.); 3) alterações da forma e aspeto característicos da variedade (Fig 10A); 4) sem polpa firme; 5) indícios de pragas ou ataque de pragas (Fig. 10B e C); 6) podridões.



Figura 7 Pesagem dos frutos colhidos.



Figura 8 Frutos à colheita.

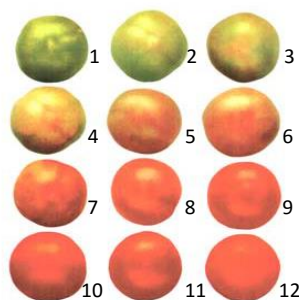


Figura 9 Escala de cor para classificação do tomate. Fonte: Abreu & Fernandes (2011).



**Figura 10** Sintomas mais frequentes presentes nos frutos: (A) fruto não comercializável por alterações na forma e lesões cicatrizadas superiores a 3 cm; (B) fruto com sinais de *Botrytis spp*; (C) frutos com sinais de *Helicoverpa armigera*.

Os frutos foram colhidos no pico da colheita, tendo sido seleccionados nove frutos por tratamento para a realização das diferentes análises. Antes de efetuar as análises, os frutos foram pesados e cortados às metades, por tratamento e por bloco. Uma metade foi utilizada para determinar a matéria seca e as outras para fazer o sumo, perfazendo um total de três repetições por tratamento. Foram efetuadas as seguintes análises: Brix, acidez titulável e peso seco. Para a determinação do brix colocou-se uma gota de sumo de tomate no refractómetro (Atago, Japão) e registou-se o valor, mediu-se o pH do sumo de tomate utilizando um potenciómetro (Crison, Barcelona).

A acidez titulável foi determinada através da titulação potenciométrica do sumo de tomate com uma solução padrão NaOH até atingir pH de 8,1. Mediu-se 25 ml da amostra para um copo de 50 ml. Com o agitador a funcionar e com a ajuda da bureta digital, adicionou-se rapidamente solução de NaOH até atingir um pH 6. De seguida, continuou-se a titulação lentamente até pH 7. Procedeu-se à leitura e registo do volume gasto, lentamente adicionaram-se três gotas de NaOH e foi-se efetuando o registo do volume gasto até atingir um pH de 8,1.

Para a determinação da percentagem de matéria seca, pesaram-se as amostras frescas, colocaram-se na estufa a 60 °C até estabilizar.

Através destes dados calculou-se: 1) a altura e nº de folhas; 2) a produtividade (kg/planta); 3) o peso médio dos frutos; 4) o número de frutos; 5) a percentagem de fruto não comercializável; 6) o brix; 5) a acidez titulável; 6) o rácio brix/ ac. titulável; a percentagem de matéria seca.

### 3.6. Análise estatística

Os dados foram analisados utilizando a ANOVA unidirecional, diferenças significativas entre tratamentos para  $P < 0,05$  foram determinadas usando o teste de Tukey. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o IBM SPSS Statistics, versão 22 (Estados Unidos).

## 4. Resultados e Discussão

### 4.1. Rendimento de vermicomposto Protomate

Após o processo de vermicompostagem retiraram-se cerca de 9 kg de VC P fresco do vermicompor. Tendo em conta o peso dos alimentos adicionados ao longo do processo, este valor representou um rendimento de 62%. Estes resultados vão de encontro ao descrito por Abduli *et al* (2013), que refere, que os vermes reduzem o volume dos resíduos orgânicos em cerca de 40 – 60%.

### 4.2. Peso seco

Os diferentes VCs passaram, inicialmente, por um processo de maturação em câmara de fitoclima e, de seguida, por um processo de maturação natural. Após a maturação em câmara de fitoclima, o peso seco dos diferentes VCs estava compreendido entre 55 e 70%, correspondendo a um teor de água compreendido entre os 30 e 45%. Já os valores finais de peso seco dos diferentes VCs, após o período de maturação natural, foram de: 75% para o VC P, 77% para o VC A1, 78% para o VC A2 e 79% para o VC A3, correspondendo a um teor de água compreendido entre os 21% e os 25%. Segundo Adhikary (2012) o teor de humidade deve estar compreendido entre os 30 e 60%, já Edwards & Arancon (2004) e Almeida *et al* (2005) defendem que esta deve rondar os 30% de modo a sofrer uma crivagem eficaz. Nesta experiência os VCs tinham um teor de água inferior ao descrito na bibliografia, isso deveu-se ao tempo de maturação que, para atingir um pH ideal teve uma duração maior. A porção que sobrou de cada VC foi armazenada.

## 4.3. Composição química dos vermicompostos

### 4.3.1. pH

Verificou-se que, ao longo do tempo, houve uma diminuição do pH, sendo que entre os 35 e 45 dias de maturação natural este acabou por estabilizar (indicativo de uma boa maturação), como se pode ver na Fig. 11. Os valores finais de pH para os diferentes VCs foram de: VC P – 7,2; VC A1 – 6,1; VC A2 – 6,1; VC A3 – 6,2. Os resultados vão de encontro a diversos estudos efetuados na cultura do tomate. Um dos VCs testados por Atiyeah *et al* (2000a) à base de restos alimentares tinha um pH de 7,3, o outro VC utilizado na mesma experiência produzido à base de estrume de porco tinha um pH 5,3. Gutiérrez-Micelino *et al* (2007) por sua vez testou um VC à base de estrume de ovelha com pH de 8,6. No estudo de Tejada & Benítez (2015) foram testados dois VCs, um à base de restos alimentares com pH 7,0 e outro produzido com estrume, com um pH de 6,4.

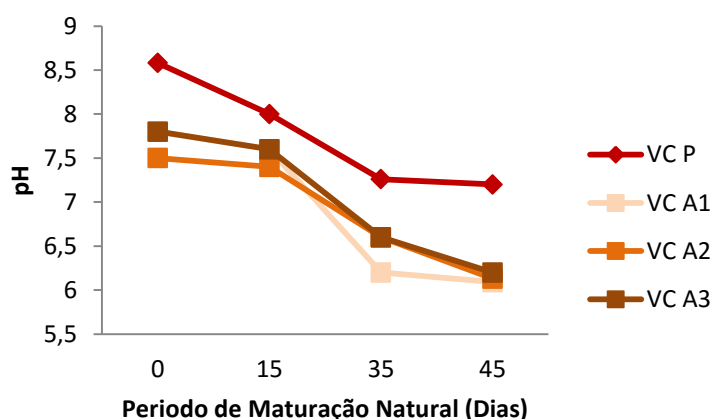


Figura 11 Evolução do pH em função dos dias de maturação natural em quatro formulações de vermicomposto: tipo VC P e VC A1, A2 e A3.

### 4.3.2. Análise de minerais (ICP)

Analisando os minerais principais, observou-se que o VC VC A1 apresentou os valores mais elevados para o P, K e Mg. De referir que a formulação VC A1 apresentou diferenças significativas em relação aos outros VCs, apresentando, assim, uma tendência para uma composição nutricional mais elevada, para um número significativo de nutrientes (Tabela 10). Na bibliografia há uma variação dos valores minerais tendo em conta diferentes tipos de VCs (à base de estrume, de restos alimentares, de papel, de borras de café, etc). Segundo o descrito por Atiyeah *et al* (2000a), este utilizou um VC feito à base de restos alimentares com um total de P de 0,4% e de K de 1,1% . O mesmo autor citado acima utilizou um VC feito à base de

estrupe de porco com um total de P de 4,5% e um total de K de 0,4%.

Tabela 10 Composição (ppm) em fósforo (P), potássio (K), molibdénio (Mo), zinco (Zn), chumbo (Pb), cobalto (Co), boro (B), manganês (Mn), ferro (Fe), magnésio (Mg), cálcio (Ca), cobre (Cu), sódio (Na), e alumínio (Al) do VC P e das três formulações fornecidas pela empresa start - up (VC A1, VC A2 e VC A3). Letras diferentes representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey.

	VC P	VC A1	VC A2	VC A3
<b>P</b>	3442,6 ± 703,5 (a)	<b>5983,1 ± 285,3</b> (b)	3174,1 ± 38,2 (a)	3609,1 ± 226,9 (a)
<b>K</b>	9441,6 ± 227,1 (a)	<b>13583,6 ± 915,9</b> (b)	9047,4 ± 160,6 (a)	10130,1 ± 440,2 (a)
<b>Mo</b>	0,8 ± 0,1 (a)	<b>2,2 ± 0,3</b> (b)	0,6 ± 0,2 (a)	0,7 ± 0,1 (a)
<b>Zn</b>	109,4 ± 46,3 (a)	<b>129,7 ± 12,02</b> (a)	117,2 ± 16,3 (a)	58,2 ± 4,9 (a)
<b>Pb</b>	0,4 ± 0,2 (a)	0,3 ± 0,1 (a)	0,4 ± 0,01 (a)	<b>0,7 ± 0,1</b> (a)
<b>Co</b>	0,6 ± 0,1 (a)	1 ± 0,05 (b)	0,8 ± 0,02 (ab)	0,5 ± 0,1 (a)
<b>B</b>	<b>50,3 ± 31,2</b> (a)	11,5 ± 1,6 (a)	11 ± 0,5 (a)	6,8 ± 0,8 (a)
<b>Mn</b>	59,1 ± 4,8 (a)	<b>665,9 ± 65,4</b> (c)	445,0 ± 5,92 (b)	334,8 ± 27,8 (b)
<b>Fe</b>	<b>1393,2 ± 231,4</b> (a)	1036,5 ± 65,05 (a)	1088,6 ± 157,6 (a)	610,4 ± 39,2 (a)
<b>Mg</b>	2186,8 ± 185,4 (a)	<b>2794,0 ± 133,2</b> (b)	2394,1 ± 61,7 (ab)	2724,0 ± 48,1 (ab)
<b>Ca</b>	50788,4 ± 13484,8 (a)	17399,2 ± 3054,1 (a)	21879,9 ± 3324,2 (a)	<b>108688,2 ± 11944,5</b> (b)
<b>Cu</b>	23,2 ± 0,5 (a)	<b>43,2 ± 4,2</b> (b)	34,9 ± 1,1 (b)	20,9 ± 1,5 (a)
<b>Na</b>	1319,4 ± 88,1 (a)	<b>2597,9 ± 277,8</b> (b)	1620,6 ± 114,9 (a)	1980 ± 62,3 (ab)
<b>Al</b>	59,1 ± 13,9 (ab)	34,5 ± 4,8 (a)	41,3 ± 3,9 (a)	<b>87,0 ± 2,1</b> (b)

### 4.3.3. Azoto e carbono

Pode observar-se, pela Tabela 11, que existem diferenças significativas para o N entre tratamentos ( $P = 0,010$ ). Os VCs com mais N e proteína foram o VC P e o VC A1, estes são significativamente diferentes do VC A3 que apresentou o valor mais baixo para estes elementos. Estes resultados vêm ao encontro dos resultados das análises minerais, sendo o VC A1 o mais rico. Comparando com outros estudos, nesta experiência, os valores de N para o VC P e para o VC A1 encontram-se um pouco elevados. Atiyeah *et al* (2000a) utilizou um VC à base de restos alimentares com 1,80% de N total e outro à base de estrume de porco com 2,36%. Hashemimajd *et al* (2004) utilizou um VC com 1,66% de N total.

**Tabela 11 Valores referentes ao teor de azoto orgânico total (N) e proteína nos diferentes vermicompostos 45 dias após maturação natural. Letras diferentes representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey**

	<b>N (%)</b>	<b>N (g/kg)</b>	<b>Proteína</b>
<b>VC P</b>	<b>3,4 ± 0,13 (b)</b>	<b>34 (b)</b>	<b>21,9 ± 0,84 (b)</b>
<b>VC A1</b>	<b>3,4 ± 0,32 (b)</b>	<b>34 (b)</b>	<b>21,9 ± 2,05 (b)</b>
<b>VC A2</b>	2,8 ± 0,32 (ab)	28 (ab)	17,6 ± 1,59 (ab)
<b>VC A3</b>	2,2 ± 0,09 (a)	22 (a)	13,9 ± 0,54 (a)

Através da análise da Tabela 12, pode observar-se que existem diferenças significativas para o C entre tratamentos ( $P < 0,001$ ). Os quatro VCs são significativamente diferentes entre si, sendo que, o VC A1 apresentou um teor mais elevado de carbono, e o VC A3 o teor mais baixo. Os resultados vão de encontro ao descrito Atiyeah *et al* (2000a) que utilizou um VC feito à base de restos alimentares com 34,0% de C e outro feito à base de estrume de porco com 43,8%.

**Tabela 12 Valores referentes ao teor de carbono nos diferentes vermicompostos 45 dias após maturação natural. Letras diferentes representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey.**

	<b>C (g/kg)</b>	<b>C (%)</b>
<b>VC P</b>	401,5 ± 4,5 (b)	40,15 (b)
<b>VC A1</b>	<b>463,5 ± 4,5 (d)</b>	<b>46,35 (d)</b>
<b>VC A2</b>	432 ± 3 (c)	43,2 (c)
<b>VC A3</b>	317,5 ± 5,5 (a)	31,75 (a)

Não existem diferenças significativas para o rácio C/N entre tratamentos ( $P = 0,280$ ). Apesar disso, o VC com um rácio C/N mais elevado é o VC A2 e com rácio C/N mais baixo é o VC P (Tabela 13). Um VC adequado é caracterizado por um rácio C:N baixo (Edwards & Arancon, 2004). Hashemimajd *et al* (2004) utilizou no seu estudo um VC com um rácio C:N de 9,60 e Chanda *et al* (2011) utilizou um VC com rácio de 11,24, semelhante aos resultados obtidos nesta experiência.



**Tabela 13** Valores referentes ao rácio carbono/azoto (C/N) nos diferentes vermicompostos. Letras diferentes representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey.

	C/N (%)
<b>VC P</b>	11,3 ± 0,32 (a)
<b>VC A1</b>	14,5 ± 1,61 (a)
<b>VC A2</b>	<b>16,6 ± 1,65 (a)</b>
<b>VC A3</b>	15,2 ± 0,23 (a)

As variações nos resultados acima apresentados estão associadas à natureza da matéria orgânica utilizada no processo de vermicompostagem.

#### 4.4. Experiência 1 – Ensaio de emergência das plântulas

Observou-se que o VC A1/ t (1:2) foi o tratamento com a maior percentagem de emergência, sendo que o VC A1/ t (2:1) apresentou a menor percentagem de emergência (Tabela 14). Pode também observar-se que a maioria das sementes iniciou a emergência ao 7º dia, com exceção do tratamento VC A1/ t (2:1), cujas sementes começaram a emergir apenas ao 10º dia (Fig. 12). De um modo geral todos os VCs e proporções testados induziram um efeito positivo na emergência, com exceção do VC A1/ t (2:1). Os resultados dos diferentes tratamentos foram bastante semelhantes ao controlo, e isto pode dever-se ao elevado valor nutricional da turfa. Resultados semelhantes foram observados por Tejada & Benítez (2015) para o tomate, no qual a emergência teve início ao 8º dia após sementeira. Este estudo e outros (Atiyeh *et al.*, 2000b; Zaller, 2007) demonstraram uma taxa de sucesso elevada na emergência das sementes. A taxa de insucesso no tratamento VC A1/ turfa (2:1) pode dever-se a vários fatores, tais como pH desfavorável, baixa porosidade do substrato, ou excesso de nutrientes (Atiyeh, 2000b; Lazcano & Dominguez, 2010).

Tabela 14 Efeito do substrato na taxa de emergência de tomate cv ' Vinicio' após 15 dias de sementeira.

Tratamento	Taxa de emergência (%)
Controlo	85
VC P/ turfa (1:2)	70
VC P/ turfa (2:1)	85
VC P/ turfa (1:0)	80
VC A1/ turfa (1:2)	90
VC A1/ turfa (2:1)	50
VC A1/ turfa (1:0)	80
VC C / turfa (1:2)	85
VC C / turfa (2:1)	70
VC C / turfa (1:0)	85

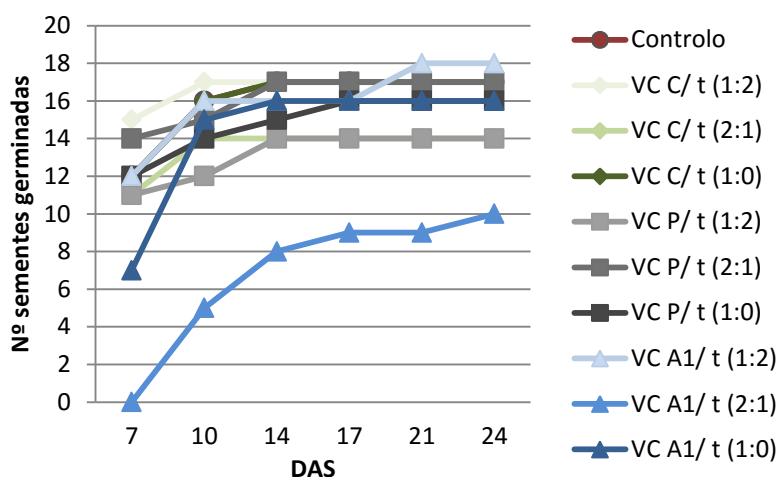


Figura 12 Número de plântulas emergidas (n=20) correspondentes aos diferentes tratamentos em função dos Dias Após Sementeira (DAS). Significado das abreviaturas indicado na Tabela 7.

Deu-se início ao registo da altura das plantas aos 14 DAS. Observou-se ao longo do tempo que as plântulas com maiores crescimentos foram as dos tratamentos Controlo, VC A1/ t (1:2), VC C/ t (1:2), VC C/ t (2:1) e VC C/ t (1:0), sendo que o tratamento que registou uma altura inferior foi o tratamento VC P/ t (1:0) (Fig. 13).

A altura foi significativamente diferente entre tratamentos ( $P < 0,001$ ). Os tratamentos controlo, VC A1/ t (1:2), e todos dos tratamentos referentes ao VC C não apresentaram diferenças significativas entre si, tendo sido os tratamentos que registaram uma altura superior, havendo, assim, um efeito significativo relativamente aos outros tratamentos. Nos valores mais baixos de altura surge o tratamento VC P/ t

(1:0), tendo este sido significativamente menor quando comparado com todos os outros tratamentos. Registou-se, assim, uma redução de 44% entre o tratamento controlo e o tratamento VC P/ t (1:0). Dentro dos tratamentos VC P/ t notou-se uma redução de 21% entre o v:v (1:2) e (1:0). Os tratamentos VC P/ t (1:2), VC A1/ t (2:1) e (1:0) não apresentaram diferenças significativas entre si (Fig. 14). O facto de o controlo ser um dos tratamentos com maior sucesso pode dever-se à sua composição nutricional. Os tratamentos referentes ao VC C, por serem feitos à base de estrume animal podem ter um efeito melhor no crescimento, quando comparando com o tratamento VC P que foi feito à base de restos alimentares. Resultados semelhantes foram observados para o tomate por Tejada & Benítez (2015), mas não de uma forma tão significativa, onde, foi demonstrado que o VC produzido à base de estrume aumentava a altura das plântulas em mais 4,1% quando comparado com o VC feito à base de restos alimentares. O mesmo foi descrito por Arancon *et al* (2003) que observou que o crescimento das culturas como o tomate depende do tipo de VC usado, sendo que, comparando um VC feito à base de estrume de vaca com um VC feito à base de restos alimentares e outro à base de restos de papel, o que obteve um resultado melhor foi o VC feito à base de estrume de vaca.

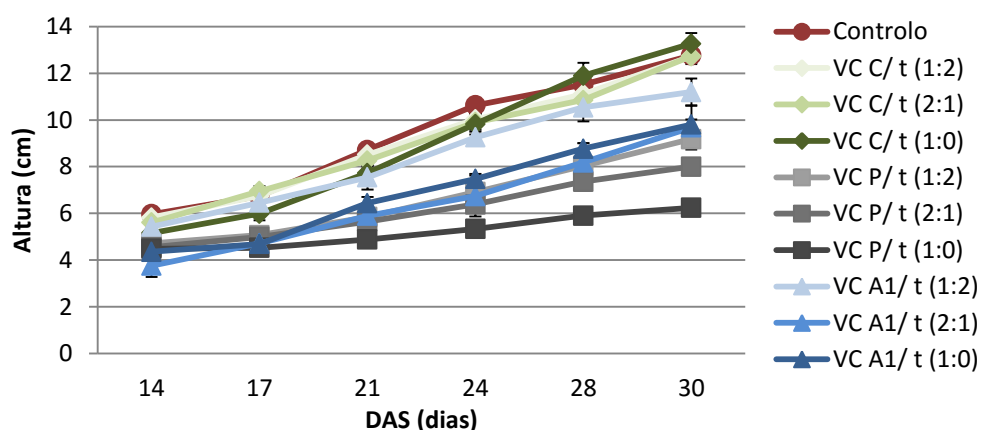
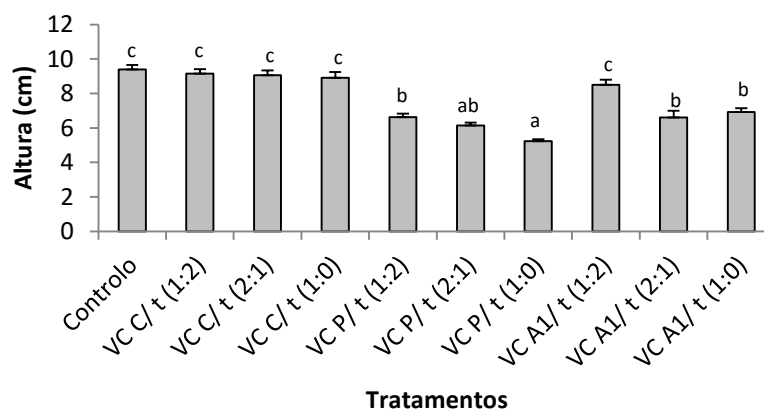


Figura 13 Altura acumulada das plântulas (cm) em função dos Dias Após Sementeira (DAS). Significado das abreviaturas indicado na Tabela 7. Barra de erro: erro padrão da média.



**Figura 14** Altura média das plântulas (cm) em função do tipo de vermicomposto e do volume utilizado, 30 Dias Após Sementeira (DAS). Significado das abreviaturas indicado na Tabela 7. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey.

O número de folhas foi significativamente diferente entre os tratamentos ( $P < 0,001$ ). Pode-se verificar, através das Fig. 13 e 14, que os tratamentos com maior número de folhas são os que apresentam também uma altura superior (controlo, todas as formulações de VC C/ C e VC A1/t). Os mesmos não têm diferenças significativas entre si, sendo que o tratamento VC A1/ t (1:0) não é significativamente diferente dos referidos anteriormente nem do VC A1/ t (1:2) (Fig. 15). Contrariamente, o tratamento VC P/ t (1:0), tal como se viu no gráfico da altura, é também o que tem menor número de folhas, sendo significativamente diferente quando comparado com os restantes, havendo assim um decréscimo entre os tratamentos VC C/ t relativamente ao VC P/ t (1:0) de 42%. Entre o VC P/ t (1:2) e o VC P/ t (1:0) pode observar-se um decréscimo de cerca de 40%. Tejada & Benítez (2015) efetuou um estudo com o tomateiro, e também registaram uma diferença, mas menor, para o número de folhas entre VC produzido à base de estrume animal e à base de restos alimentares.

O facto de dentro da formulação VC A1 apenas o VC A1/ t (1:2) ter sucesso para a altura e para o número de folhas, pode ser devido às outras formulações terem um pH desfavorável, pouca porosidade, ou excesso de nutrientes (Atiyeah, 2000b; Lazcano & Dominguez, 2010).

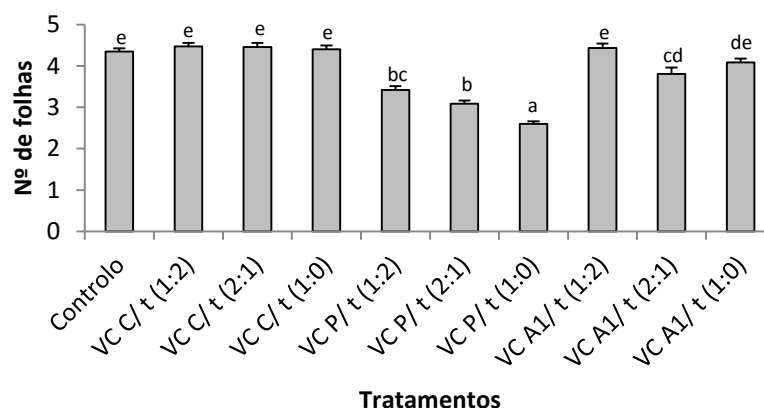
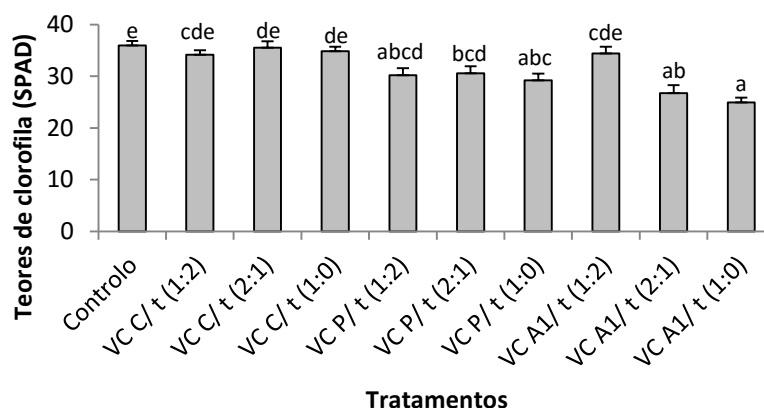


Figura 15 Número médio de folhas por plântula em função do tipo de vermicomposto e do volume utilizado, 30 Dias Após Sementeira (DAS). Significado das abreviaturas indicado na Tabela 7. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey.

Os teores de clorofila (SPAD) foram significativamente diferentes entre os tratamentos ( $P < 0,001$ ). O controlo destacou-se de todos os outros, tendo um efeito semelhante ao tratamento VC A1/ t (1:2) e a todos os tratamentos de VC C. Contrariamente, o tratamento com menor teor de clorofilas foi o VC A1/ t (1:0), com um decréscimo de 31%, quando comparado com o controlo. Dentro dos três volumes da formulação VC P registaram-se valores semelhantes não havendo, assim, diferenças significativas. O mesmo se pode concluir relativamente aos diferentes volumes do tratamento VC C. Nos tratamentos da formulação VC A1 houve um ligeiro decréscimo (26%), havendo algumas diferenças (Fig. 16). No estudo realizado por Tejada & Benítez (2015) as plantas com aplicação do VC feito à base de restos de comida, tiveram teores de clorofila mais elevados, comparando com as plantas do VC feito à base de estrume. Pode-se associar isso ao facto de nesta experiência as plantas do tratamento VC P apresentarem um aumento nos teores de clorofilas, fator que ajuda na fotossíntese.

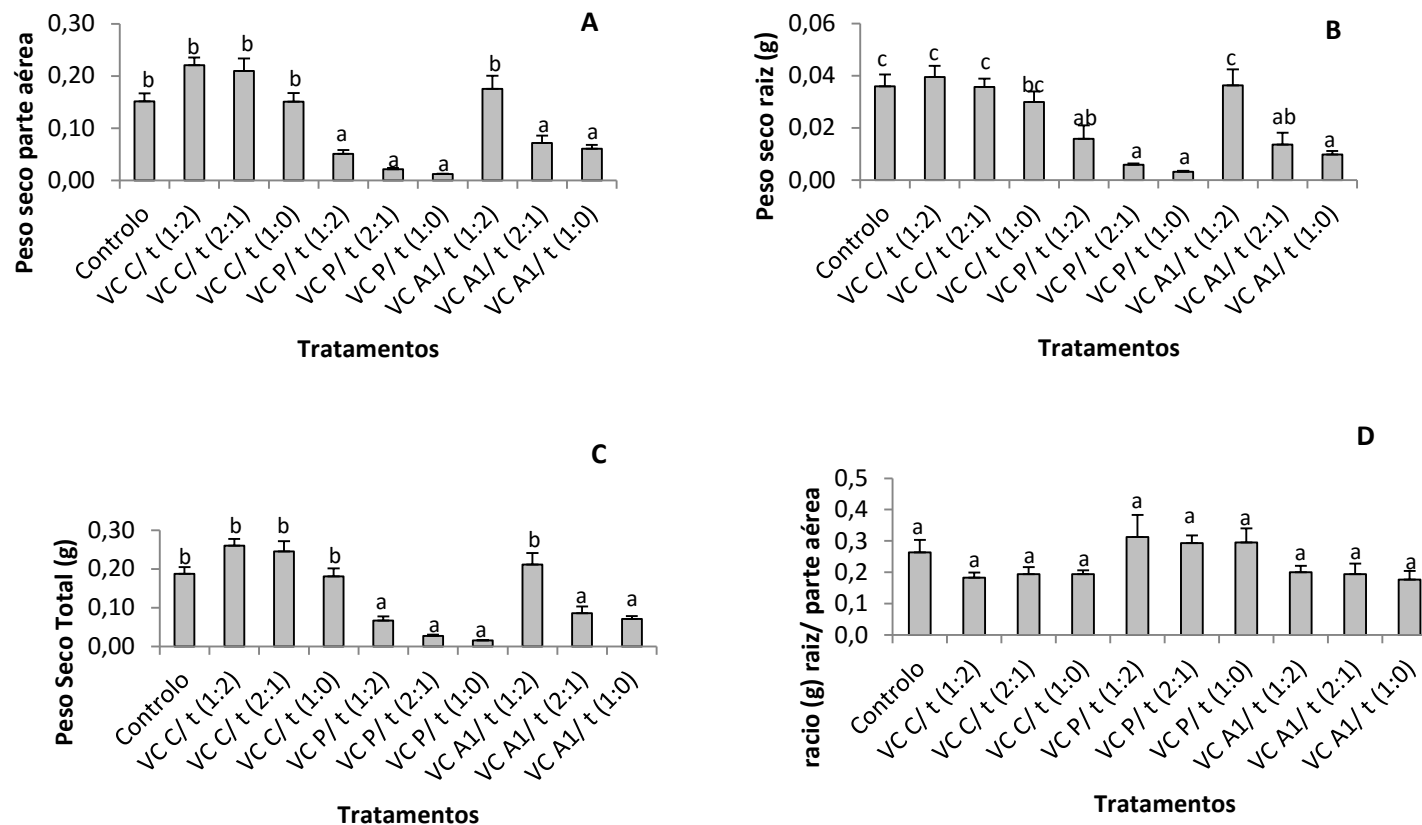


**Figura 16** Valores médios dos teores de clorofila (SPAD) das folhas em função do tipo de vermicomposto e do volume utilizado, 30 Dias Após Sementeira (DAS). Significado das abreviaturas indicado na Tabela 7. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey.

O peso seco parte aérea, o peso seco raiz e o peso seco total foram significativamente diferentes entre tratamentos ( $P < 0,001$ ). Entre formulações podemos observar uma tendência decrescente, à medida que o volume aumenta. Na formulação VC C há um decréscimo de 32%, nas formulações VC P um decréscimo de 90% e na formulação VC A1 uma diminuição de 70% (Fig. 17A). O mesmo se pode verificar para o peso seco da raiz (Fig. 17B), no que diz respeito ao controlo em relação aos outros tratamentos. Existe também uma tendência decrescente entre formulações, à medida que o volume aumenta para a formulação VC C há uma diminuição de 25%, para o VC P uma diminuição de 89% e para o VC A1 uma diminuição de 75%.

No que diz respeito ao peso seco total (Fig. 17C), que representa a soma da parte aérea com a raiz, a tendência continua, havendo uma diminuição de 31% dentro da formulação VC C, 79% para o VC P e 67% para o VC A1, à medida que o volume aumenta. Relativamente ao rácio entre a raiz/ parte aérea (Fig. 17D), não se verificou efeito significativo entre tratamentos ( $P = 0,011$ ), apesar de se notar que o tratamento VC P é o que tem maior carência nutricional, tendo as plantas investido mais na raiz. Posto isto, o peso seco da parte aérea, o peso seco da raiz e o peso seco total foram melhores nos tratamentos referidos anteriormente (controlo, todas os volumes (v:v) de VC C e VC A1/ t (1:2)), como descrito por vários autores (Forde & Lorenzo, 2001; Jack & Thies, 2006; Lazcano *et al.*, 2009), a distribuição de biomassa nas plantas determina a capacidade que estas tem para captar os recursos necessários ao seu desenvolvimento, a morfologia do sistema radicular influencia a absorção de nutrientes e água.

O rácio raiz/ parte aérea não apresentou diferenças significativas entre tratamentos, segundo Zaller (2007), isto sugere que não são apenas as propriedades físicas e químicas do VC que tem influencia no desenvolvimento da plântula, mas também outros fatores.



**Figura 17** Figura 17 A) Peso seco da parte aérea (g) das plântulas (folhas + caule), B) peso seco raiz (g), C) peso seco total (g) e D) ratio raiz/ parte aérea (g) respetivamente em função do tipo de vermicomposto e do volume utilizado. Significado das abreviaturas indicado na Tabela 7. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey.



## 4.5. Experiência 2 – Ensaio de crescimento

As plantas que registaram maior crescimento durante o ciclo cultural foram as dos tratamentos VC C, VC A1 e VC A3, tendo o controlo e o VC P registado os valores de altura mais baixos (Fig. 18).

A altura foi significativamente diferente entre tratamentos ( $P < 0,001$ ). Como se pode observar na Fig. 19, o controlo foi o tratamento que registou menor altura, não tendo havido diferenças significativas entre este e os tratamentos VC P e VC A2. Relativamente aos outros tratamentos, podem registar-se diferenças significativas em relação ao controlo.

Os tratamentos que registaram maior altura foram o VC C, VC A3 e VC A1, não havendo diferenças significativas entre os mesmos. Do tratamento VC A1 para o controlo houve uma diminuição de 30%. Para o parâmetro altura, a adição de apenas 20% (V:V) de diferentes VCs teve sucesso em alguns casos. Atiyeh *et al* (2000a) e Atiyeh *et al* (2000b), comprovaram que a incorporação de pequenos volumes de VC (10% e 20%) em vasos tinham efeitos positivos no desenvolvimento do tomateiro e do malmequer. Arancon *et al* (2004b) descreveu que a utilização de VC feito à base de restos alimentares na cultura do pimento, não tinha diferenças significativas entre tratamentos para a altura, o que vai de encontro aos resultados obtidos neste estudo.

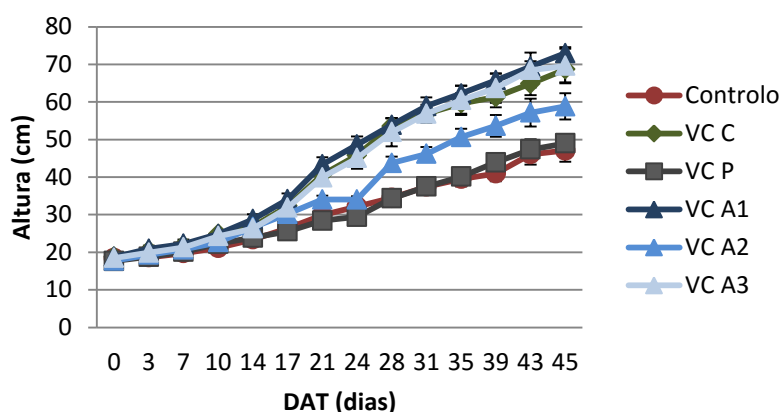
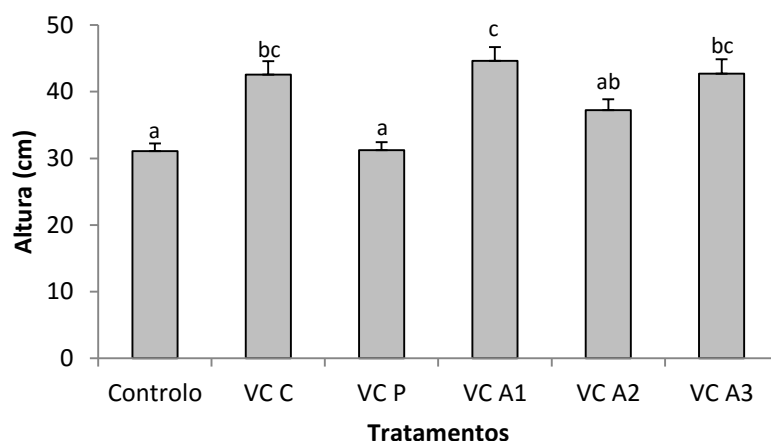


Figura 18 Altura acumulada das plantas (cm) em função dos Dias Após Transplantação (DAT). Significado das abreviaturas indicado na Tabela 8. Barra de erro: erro padrão da média.



**Figura 19** Altura média das plantas 45 Dias Após Transplantação (DAT) em função dos diferentes tratamentos. Significado das abreviaturas indicado na tabela 8. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey.

Observou-se que o tratamento VC A1 se destacou em número de folhas ao longo do ciclo cultural. Pelo contrário, os tratamentos controlo e VC P foram os tratamentos com número inferior de folhas (Fig. 20).

O número de folhas foi significativamente diferente entre tratamentos ( $P < 0,001$ ). Como se pode observar na Fig. 21, o controlo foi o tratamento com menor número de folhas, tal como o VC P, não havendo assim diferenças significativas entre eles. Comparando o controlo com os restantes tratamentos, houve diferenças significativas, sendo que o tratamento que registou uma diferença significativamente maior foi o VC A1. Entre o tratamento VC A1 e o controlo houve um decréscimo de 43%.

Gutiérrez-Miceli *et al* (2007) num estudo efetuado no tomate, ao adicionar um VC feito à base de estrume de ovelha, teve um efeito positivo no número de folhas. O mesmo foi registado por Lazcano *et al* (2009) utilizando VC produzido com estrume de porco. Como referido anteriormente (para a altura) os tratamentos que registaram um número menor de folhas foram os tratamentos com menos nutrientes.

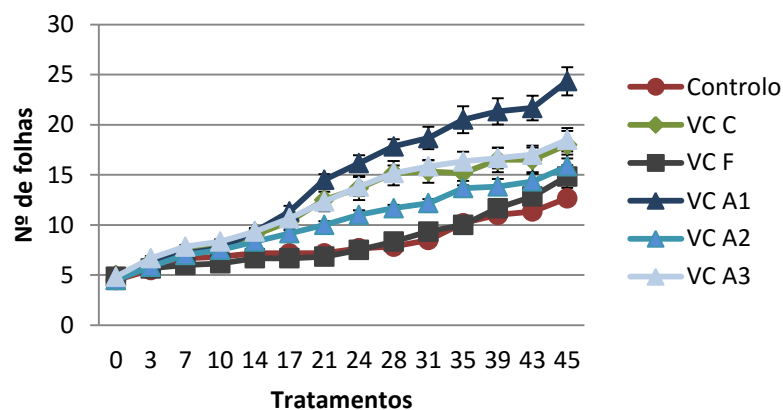


Figura 20 Evolução do número de folhas em função dos Dias Após Transplantação (DAT). Significados das abreviaturas indicado na Tabela 8. Barra de erro: erro padrão da média.

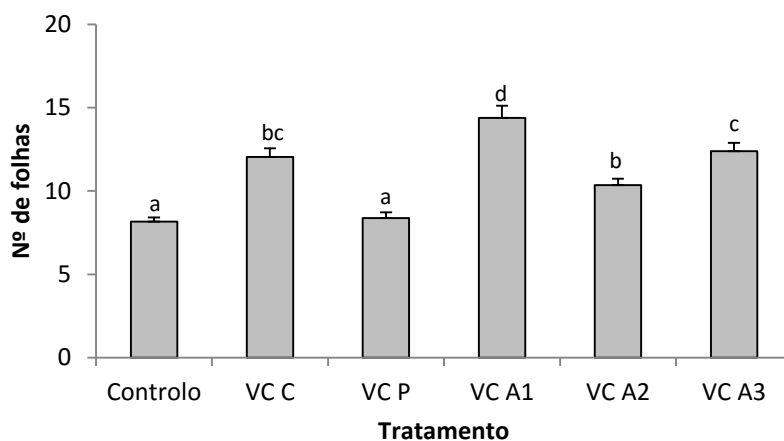
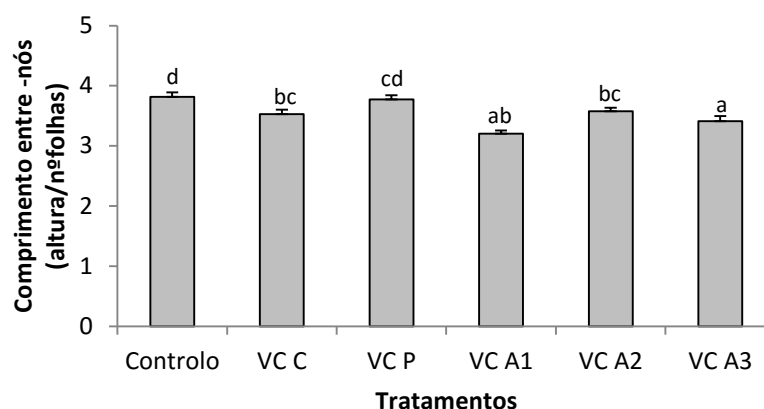


Figura 21 Número médio de folhas por planta 45 Dias Após Transplantação (DAT) em função dos diferentes tratamentos. Significado das abreviaturas indicado na Tabela 8. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey.

O comprimento de entre – nós foi significativamente diferente entre tratamentos ( $P < 0,001$ ). O controlo foi semelhante ao tratamento VC P sendo que estes obtiveram um comprimento de entre – nós superior. Pelo contrário, o tratamento com menor comprimento de entre – nós foi o VC A1, tendo havido um decréscimo do controlo para o VC A1 de 16% (Fig. 22).

Estes resultados vão de encontro aos resultados obtidos para o número de folhas, onde se pode observar que, as plantas com maior número de folhas têm menor comprimento de entre – nós.



**Figura 22** Comprimento médio de entre – nós (altura/ número folhas) 45 dias após transplantação (DAT) em função dos diferentes tratamentos. Significado das abreviaturas indicado na Tabela 8. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey.

A área foliar foi significativamente diferente entre os diferentes tratamentos ( $P < 0,001$ ). O tratamento VC A1 é o tratamento com uma área foliar superior, sendo assim, significativamente diferente de todos os outros tratamentos. Contrariamente, o controlo apresentou uma área foliar inferior quando comparado com todos os outros tratamentos (Fig. 23). Entre o tratamento VC A1 e o controlo registou-se uma diminuição de 75,3%.

Todos os tratamentos apresentaram um aumento na área foliar em relação ao controlo. Estes resultados vão de encontro ao descrito por Singh (2008) que descreve que os VCs têm a capacidade de aumentar a área foliar de culturas como o morango. Lazcano *et al* (2009) mostrou o mesmo efeito positivo para o tomateiro apesar de haver uma ligeira diminuição quando aplicado um volume de 20% VC.

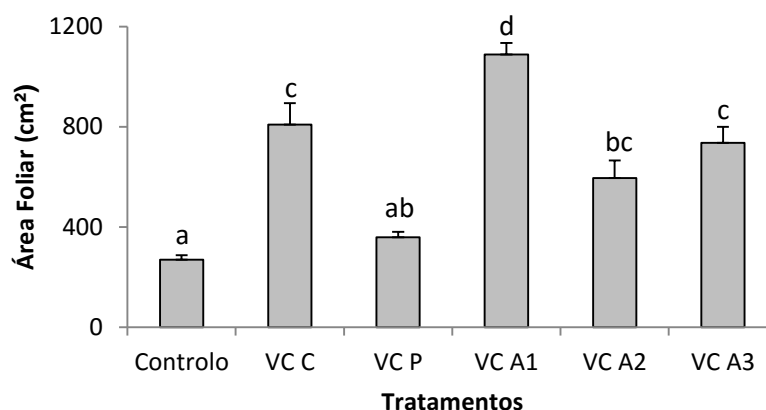
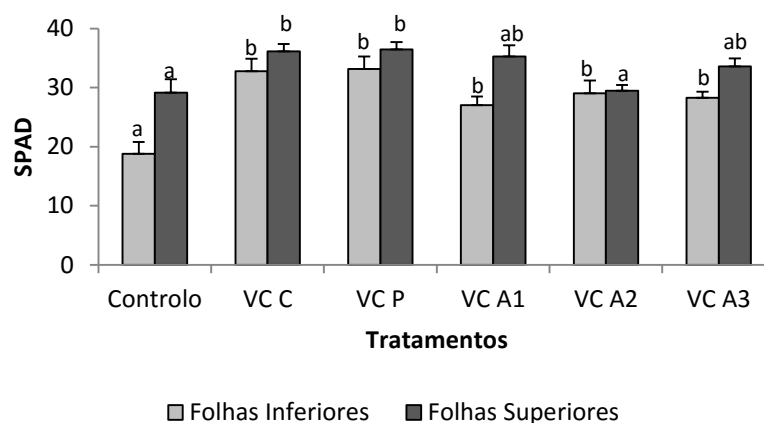


Figura 23 Área foliar média 45 dias após transplantação (DAT) em função dos diferentes tratamentos. Significado das abreviaturas indicado na Tabela 8. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey.

O SPAD foi significativamente diferente entre tratamentos ( $P < 0,001$ ). Para as folhas inferiores, os valores de clorofila para o controlo foram significativamente diferentes de todos os outros tratamentos, sendo o que obteve o valor mais baixo. Todos os outros tratamentos não apresentaram significância entre si (Fig. 24). Entre o tratamento VC P e o controlo houve uma diminuição de 43%. Relativamente aos teores de clorofila das folhas superiores, o controlo foi o que mais se diferenciou, com um teor inferior de clorofilas, apesar de ser significativamente igual ao VC A1, A2 e A3. O VC C, o VC P o VC A1 e A3 foram significativamente iguais, sendo que o VC P teve os níveis mais altos de clorofila, havendo assim uma diminuição relativamente ao controlo de 20%.

Para todos os tratamentos, as folhas inferiores continham um teor de clorofila inferior quando comparadas com folhas superiores, este fator deve-se ao facto das folhas inferiores serem mais antigas. Atiyeh *et al* (2000a) mostrou resultados semelhantes, mas para os malmequeres, este observou que à medida que a planta vai crescendo as diferenças entre tratamentos vão diminuindo, o que pode ser uma explicação para os resultados obtidos nesta experiência. Por outro lado num estudo efetuado por Tejada & Benítez (2015) as plantas com aplicação de VC produzido à base de restos alimentares, tiveram teores de clorofila mais elevados, comparando com as plantas dos VCs feitos à base de estrume, o que pode explicar os resultados descritos acima.



**Figura 24** Teores médios de clorofila (SPAD) 45 dias após transplantação (DAT) em função dos diferentes tratamentos. Significado das abreviaturas indicado na Tabela 8. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey.

O peso seco da parte aérea, da raiz, o peso seco total e rácio raiz/ parte aérea foram significativamente diferentes entre tratamentos ( $P < 0,001$ ). O controlo foi significativamente igual ao VC P, sendo que estes apresentam um peso seco da parte aérea menor, quando comparados com os outros tratamentos, havendo, assim, uma diferença significativa relativamente aos mesmos (Fig. 25A). Os tratamentos com maior peso seco da parte aérea foram o VC A1 e o VC C, sendo que o VC A1 foi significativamente diferente de todos os outros. Entre o VC A1 e o controlo houve uma diminuição de cerca de 81%. Estes resultados vão de encontro ao observado acima para a área foliar, uma vez que os tratamentos com maior área foliar foram os tratamentos com maior peso seco da parte aérea.

Relativamente ao peso seco da raiz (Fig. 25B), pode observar-se que o controlo, o VC C e o VC P foram significativamente iguais, tendo, assim, um peso menor, sendo que o controlo e o VC P se destacaram. O VC A1, A2 e A3 tiveram um peso seco superior, sendo significativamente iguais entre si, apesar do VC A3 ter sido ligeiramente superior. Houve uma diminuição de cerca de 89% entre o VC A3 e o controlo.

Ao nível do peso seco total (Fig. 25C) o controlo e o VC P foram iguais sendo significativamente diferentes de todos os outros tratamentos, registando assim um peso seco inferior. O tratamento com maior peso seco foi o VC A1 seguido do VC A3. Entre o VC A1 e o controlo houve uma diminuição de 84%. Através da análise da Fig. 25D podemos ver que o controlo, o VC C, o VC P e o VC A1 foram significativamente iguais entre si registando um rácio inferior quando comparados com os outros

tratamentos. O tratamento VC A2, obteve um racio superior, bem como o tratamento VC A3. Entre o tratamento VC A2 e o VC C existiu uma diferença de 64%.

Segundo o estudo de Lazcano (2009), para todos os volumes de VC foi registado um aumento da biomassa tanto da raiz como da parte aérea. O mesmo foi descrito por Tejada & Benítez (2015) que registaram maiores pesos secos da parte aérea, raiz e peso seco total nos tratamentos com vermicomposto.

Através do racio observou-se que as plantas que investiram mais recursos na raiz foram as dos tratamentos VC A2 e A3, apresentando assim uma carência nutricional superior. Estes resultados podem estar relacionadas com diversos fatores descritos por Lazcano & Dominguez (2010), como por exemplo, pH desfavorável, pouca porosidade ou carência nutricional. Estudos com um número de plantas superior teriam de ser realizados para determinar a razão destes resultados.

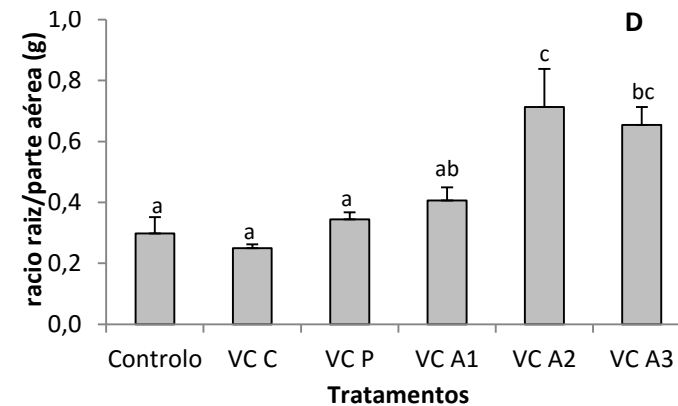
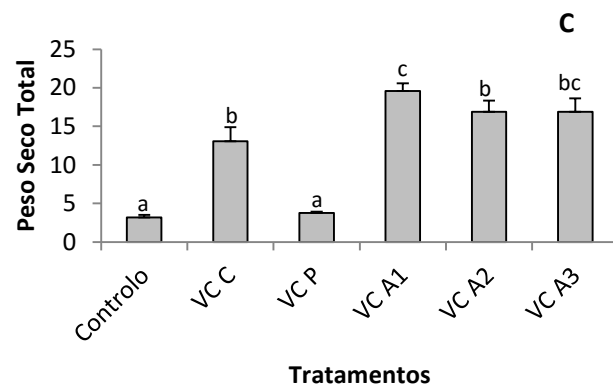
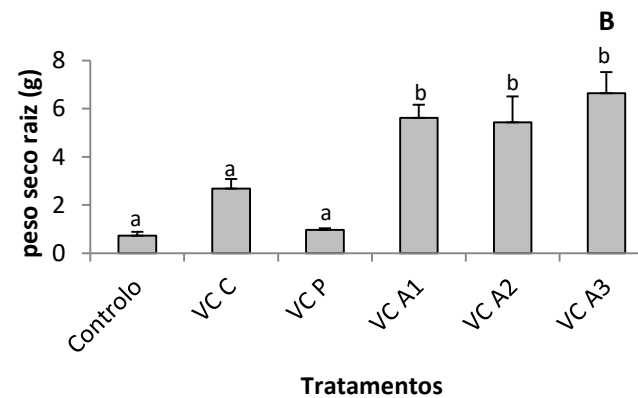
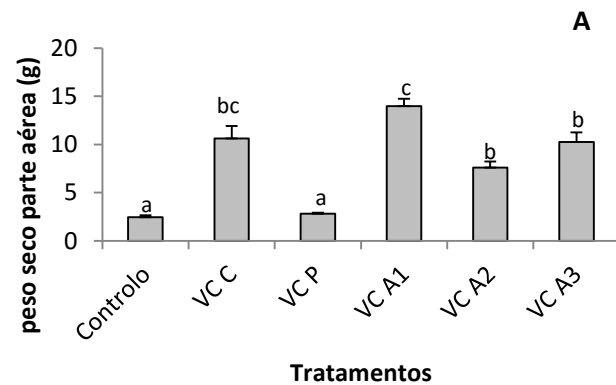


Figura 25 A) Peso seco da parte aérea (g) das plântulas (folhas + caule+fruto), B) peso seco raiz (g), C) peso seco total (g) e D) ratio parte aérea/raiz (g) respetivamente em função do tipo de vermicomposto e do volume utilizado. Significados das abreviaturas indicado na Tabela 8. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey.



## 4.6. Experiência 3 – Ensaio em estufa comercial

### 4.6.1. Análises ao solo

As análises efetuadas ao solo, para os diferentes elementos, demonstraram não ter havido diferenças significativas entre blocos ( $P = 0,359$ ). Ao interpretar os resultados obtidos, o solo analisado obteve níveis de N médios,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ,  $CaO$  e  $MgO$  em excesso (Tabela 15). Posto isto, este solo pode ser considerado excessivamente fértil o que pode ter implicações para as culturas, podendo provocar o bloqueio de certos elementos.

Tabela 15 Análises ao solo entre os diferentes blocos. Letras diferentes representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey.

Elementos	Bloco1	Bloco2	Bloco3
pH (H <sub>2</sub> O)	7,1 ± 0,1 (a)	7,3 ± 0,1 (a)	7,2 ± 0,005 (a)
pH (CaCl <sub>2</sub> )	6,7 ± 0,1 (a)	6,8 ± 0,0 (a)	6,8 ± 0,025 (a)
Condutividade	399,0 ± 17,0 (a)	406,0 ± 76,0 (a)	410,0 ± 103 (a)
MO	3,4 ± 0,5 (a)	3,3 ± 0,4 (a)	3,8 ± 0,545 (a)
C	2,0 ± 0,3 (a)	1,9 ± 0,2 (a)	2,2 ± 0,315 (a)
N	0,2 ± 0,0 (a)	0,2 ± 0,0 (a)	0,2 ± 0,025 (a)
C/N	10,6 ± 0,9 (a)	10,9 ± 0,2 (a)	10,7 ± 0,35 (a)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	705,9 ± 19,6 (a)	787,6 ± 5,9 (a)	841,9 ± 88,2 (a)
K <sub>2</sub> O	184,9 ± 26,4 (a)	145,8 ± 8,8 (a)	160,3 ± 11,35 (a)
CaO	3996,8 ± 181,3 (a)	4371,5 ± 192,0 (a)	4467,6 ± 273,7 (a)
MgO	363,6 ± 1,9 (a)	362,6 ± 5,9 (a)	367,8 ± 50,05 (a)
Sódio	165,9 ± 4,3 (a)	146,1 ± 15,3 (a)	128,8 ± 28,73 (a)

### 4.6.2. Análises ao vermicomposto comercial

O VC comercial alcançou um pH neutro, um N dentro da média e uma razão C/N ligeiramente alta. O Fe apresentou um valor mais elevado, bem como o Zn (Tabela 16).

Tabela 16 Resultados das análises químicas ao vermicomposto comercial.

Parâmetro	Resultado
Humidade (%)	45,4 ± 0,6
pH	6,98 ± 0,1
C orgânico (%)	23,2 ± 0,1
N (%)	1,40 ± 0,05
Razão C/N	16,6
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	2,66 ± 0,00
K <sub>2</sub> O (%)	0,72 ± 0,00
Ca (%)	3,44 ± 0,02
Mg (%)	0,86 ± 0,01
SO <sub>3</sub> (%)	1,28 ± 0,00
B (mg/ kg)	20,6 ± 0,6
Fe (mg/ kg)	<b>10917 ± 45</b>
Mn (mg/ kg)	422,4 ± 1,1
Mb (mg/ kg)	2,13 ± 0,05
Cu (mg/ kg)	98,3 ± 0,3
Pb (mg/ kg)	9,0 ± 0,9
Zn (mg/ kg)	<b>508,3 ± 1,6</b>

#### 4.6.3. 1º fase – Altura e número de folhas

A altura não foi significativamente diferente entre tratamentos ( $P = 0,912$ ). Apesar de não existirem diferenças entre tratamentos, o tratamento com tendência a induzir uma altura superior foi o AO e, o tratamento com altura inferior o controlo. Entre eles, registou-se uma diferença de aproximadamente 3% (Fig. 26).

O número de folhas não foi significativamente diferente entre tratamentos ( $P = 0,989$ ). O tratamento com maior número médio de folhas foi o VC C1 e, o tratamento com menor número o VC C2, havendo um decréscimo de apenas 2,3% (Fig. 27).

Estudos realizados no campo para o tomate mostraram resultados diferentes, no que diz respeito aos dois parâmetros acima referidos, Abduli *et al* (2013) comprovou que a aplicação de VC em diferentes proporções tinha efeitos positivos em ambos. Gutiérrez-Miceli *et al* (2007), também notou efeitos significativos no tamanho das plantas de tomate a quando da primeira colheita, mas não da segunda. No que diz respeito ao número de folhas registou que não havia diferenças significativas nem na primeira nem na segunda colheita, tal como aconteceu nesta experiência.

O facto de nesta primeira fase não existirem diferenças significativas pode estar associado excesso de nutrientes presentes no solo devido à aplicação das diferentes proporções de VC e de adubo orgânico (nesta fase a rega foi feita com água corrente). O excesso de nutrientes e um pH elevado podem ter levado a desequilíbrios nutricionais na cultura ou ao bloqueio de elementos.

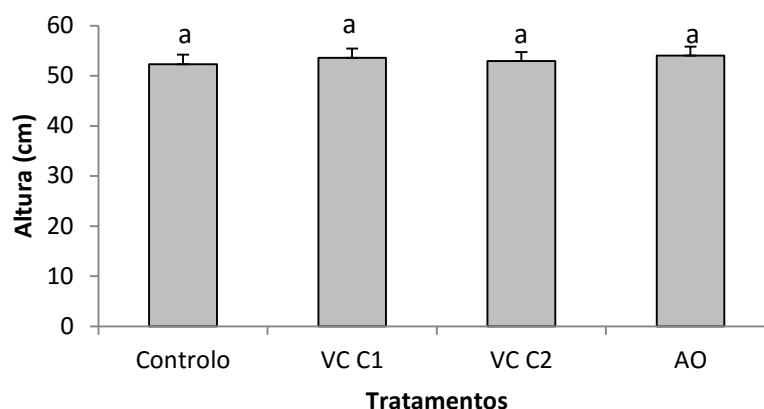


Figura 26 Altura média 40 dias após transplantação (DAT) em função dos diferentes tratamentos. Significado das abreviaturas indicado na Tabela 9. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey.

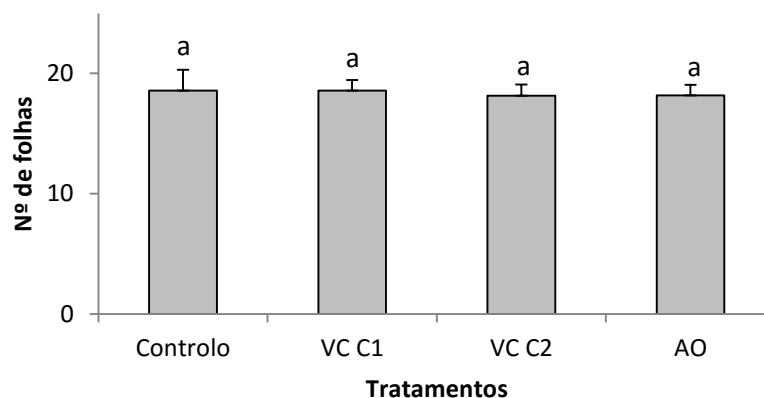


Figura 27 Número médio de folhas 25 dias após transplantação (DAT) em função dos diferentes tratamentos. Significados das abreviaturas indicado na Tabela 9. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey.

#### 4.6.4. 2º fase – Colheita

Através da análise da Fig. 28 pode observar-se que não existiram diferenças significativas no peso dos frutos comercializáveis entre tratamentos ao longo do ciclo cultural. Apesar disso, a partir dos 122 DAT o tratamento VC C1 destacou-se ligeiramente em relação aos outros. Aos 101 DAT o tratamento que começou a sobressair com menor peso foi o VC C2.

Pode observar-se que não existiam diferenças significativas no peso médio dos frutos comercializáveis entre tratamentos ( $P = 0,881$ ). O tratamento com mais peso de frutos comercializáveis foi o VC C1 e o que obteve menor peso foi o controle havendo uma diferença entre eles de cerca de 3,8% (Fig. 29).

Resultados semelhantes foram apresentados por Arancon *et al* (2003), num estudo realizado no campo, com o tomateiro. Ao aplicar diferentes VCs com diferentes proporções (t/ha), registaram-se melhorias na produção de frutos comercializáveis, mas os mesmos não apresentaram diferenças significativas em relação ao controlo (fertilizante inorgânico).

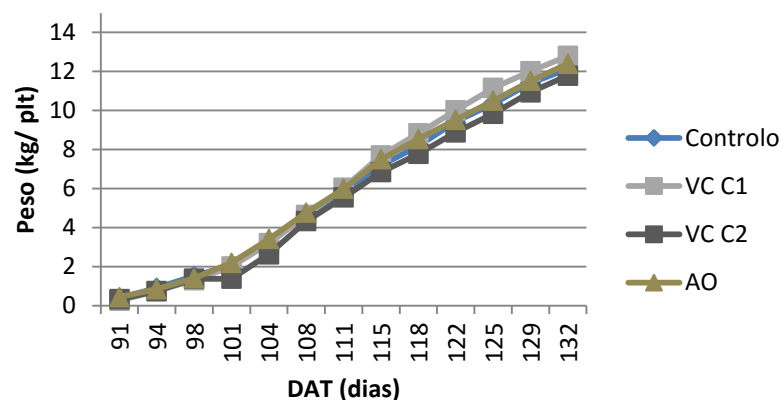


Figura 28 Produção acumulada de frutos comercializáveis (n=18) ao longo do ciclo cultural em função do tratamento. Significado das abreviaturas indicado na Tabela 9.

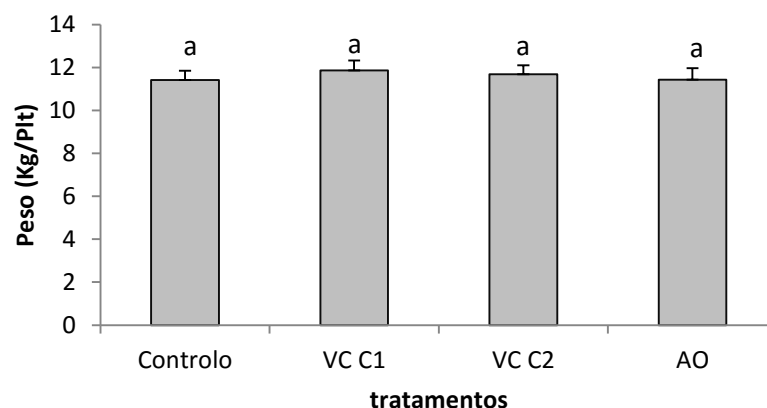


Figura 29 Peso médio dos frutos comercializáveis 132 dias após transplantação (DAT) em função dos diferentes tratamentos. Significados das abreviaturas indicado na Tabela 9. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey.

Não existiram diferenças significativas na produção total de frutos. Notou-se um ligeiro aumento do peso dos frutos referentes ao tratamento VC C1 a partir dos 125 DAT, mas não significativa (Fig. 30).

Não ocorreram diferenças significativas no peso total dos frutos entre tratamentos ( $P = 0,931$ ). Apesar disso, pode observar-se que o tratamento com maior peso total de frutos por planta foi o VC C1, com mais 5,2% do que o tratamento controlo, que apresentou um peso inferior (Fig. 31). O mesmo foi descrito por Zaller (2007) que descreveu que para a produção total não existiam diferenças entre tratamentos.

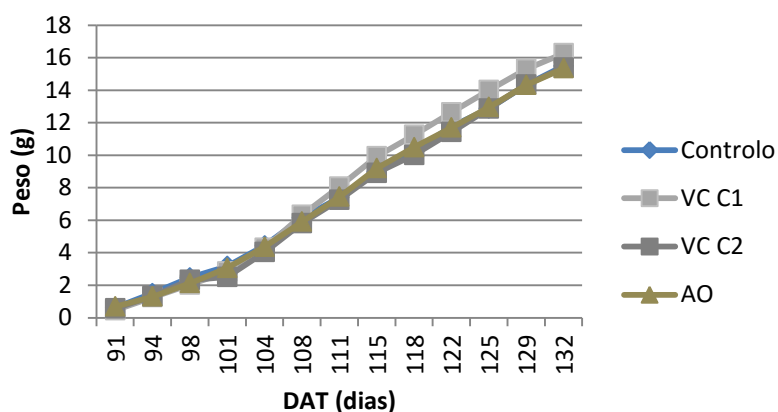


Figura 30 Produção média acumulada de frutos comercializáveis e não comercializáveis (n=18) ao longo do ciclo cultural em função do tratamento. Significado das abreviaturas indicado na Tabela 9.

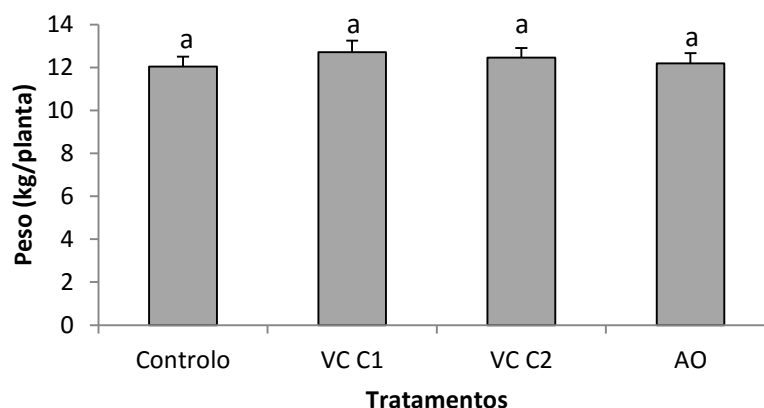


Figura 31 Peso médio total (frutos comercializáveis e não comercializável) 132 dias após transplantação (DAT) em função dos diferentes tratamentos. Significado das abreviaturas indicado na Tabela 9. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey.

A tendência manteve-se no que diz respeito à produtividade, não existindo diferenças significativas na produtividade por unidade de área ( $P = 0,799$ ). O tratamento com menor produtividade por unidade de área foi o controlo, com menos 5,2% do que o VC C1 (Fig. 32). Segundo Arancon *et al* (2005), num estudo realizado no campo com o pimento, a produtividade foi maior quando aplicados VCs à base de restos de papel e de estrume de vaca, quando comparando com os tratamentos com adição de fertilizantes inorgânicos.

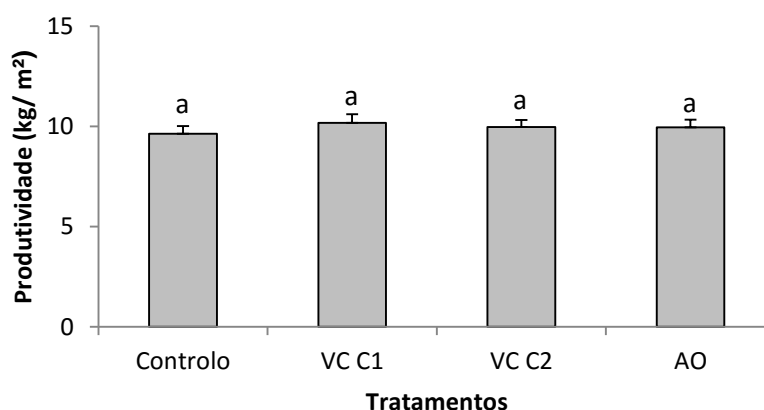
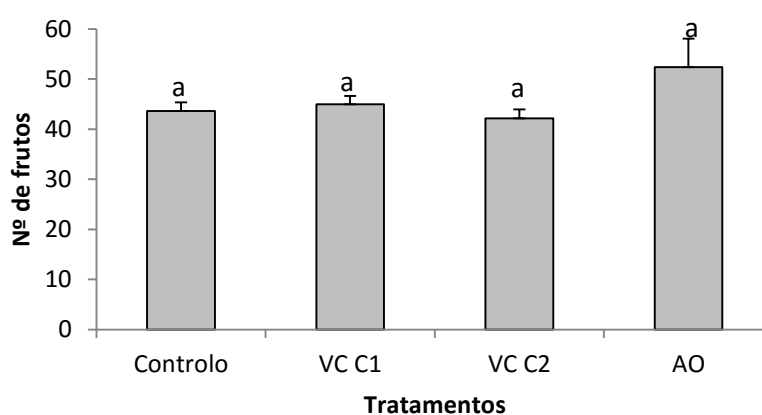


Figura 32 Produtividade média por unidade de área (kg/ m²) em função dos diferentes tratamentos. Significado das abreviaturas indicado na Tabela 9. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $p < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey.

Não existiram diferenças significativas no número de frutos entre os tratamentos ( $P = 0,312$ ). Apesar disso, pode notar-se que o tratamento AO foi o que produziu um número maior de frutos e o VC C2 um número menor, havendo uma diferença entre eles de cerca de 19,5% (Fig. 33).

Apesar do AO ter sido um dos tratamentos com menor kg/ plt e um dos que produziu menos por unidade de área, obteve um numero de frutos superior (Fig. 33), o que indica que apesar de produzir mais frutos, estes foram menores, logo com peso inferior, sugerindo assim que tenha havido competição por nutrientes, ou seja, competição entre os frutos em maturação e o vingamento dos frutos do ciclo seguinte.

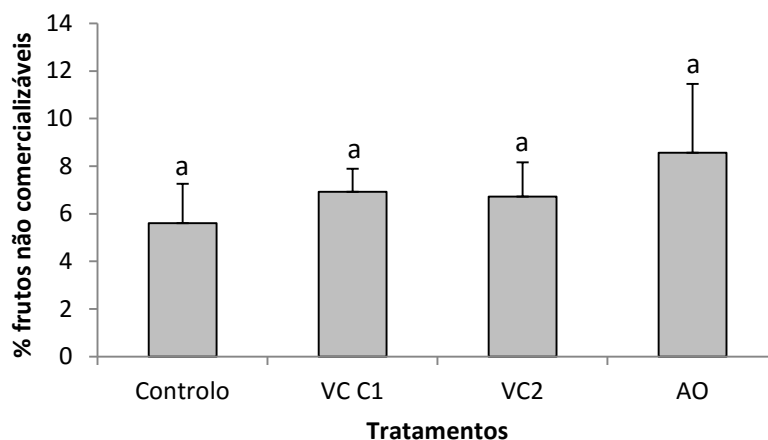


**Figura 33** Número médio de frutos por planta. Significado das abreviaturas indicado na Tabela 9. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $p < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey.

Ao observar a Fig. 43 pode constatar-se que não haviam diferenças significativas na percentagem de frutos não comercializáveis entre os tratamentos ( $P = 0,739$ ). Contudo, existiu uma diferença de aproximadamente 34,5% do tratamento AO para o controlo.

Houve um ligeiro aumento na percentagem de frutos não comercializáveis de todos os tratamentos em relação ao controlo. A percentagem de frutos não comercializáveis variou entre os 5,6% e os 8,6%. Efeitos contrários foram registados por Atiyeah *et al* (2000b), com proporções de 10%, 20%, 40% e 60% a percentagem de frutos não comercializáveis em relação ao controlo diminuiu. O mesmo foi registado por Arancon

*et al* (2005) para o pimento, onde ao aplicar um VC à base de estrume de vaca a percentagem de frutos não comercializáveis diminuía.



**Figura 34** Percentagem de produção não comercializável 132 dias após transplantação (DAT) em função dos diferentes tratamentos. Significados das abreviaturas indicado na tabela 9. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey.

O facto de não terem existido diferenças significativas nos parâmetros acima analisados, pode estar associado à fertilidade excessiva do solo e à fertirrega que teve início duas semanas antes da colheita. Isto pode ter levado a um excesso de nutrientes no solo, o que provocou um atraso no desenvolvimento das plantas.

#### 4.6.5. 3º Fase - Análises de qualidade dos frutos

Relativamente ao teor de matéria seca dos frutos, observaram-se diferenças significativas entre os diferentes tratamentos ( $P < 0,001$ ). O tratamento controlo, foi significativamente diferente de todos os outros, apresentando uma diferença de 30% em relação ao AO (Fig. 35). Isto quer dizer que os frutos controlo obtiveram um teor de água inferior quando comparado com os outros tratamentos. Zaller (2007), descreveu que havia diferenças entre as variedades de tomate para o teor de matéria seca, sendo que, a substituição de turfa por diferentes (v:v) de VC afetou duas das três variedades de tomate testadas.



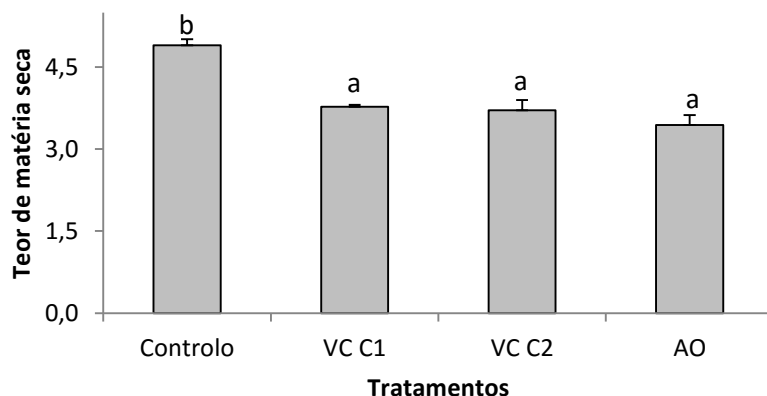


Figura 35 Racio dos frutos em função dos diferentes tratamentos. Significado das abreviaturas indicado na Tabela 9. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey.

Registaram-se diferenças significativas entre tratamentos para o grau brix ( $P = 0,001$ ). O tratamento controlo e o VC C1 não foram significativamente diferentes entre si, apresentando ambos, diferenças quando comparados com os tratamentos VC C2 e AO que foram significativamente iguais entre si (Fig. 36). O tratamento com maior brix foi o VC C1 com uma diferença de 20,5% do tratamento VC C2 que apresentou o valor mais baixo de brix. O VC C2 obteve um grau brix de 3,4 e o VC C1 de 4,3 um pouco abaixo do ideal para o tomate (superior a 4,5%) segundo Gutiérrez-Miceli *et al* (2007).

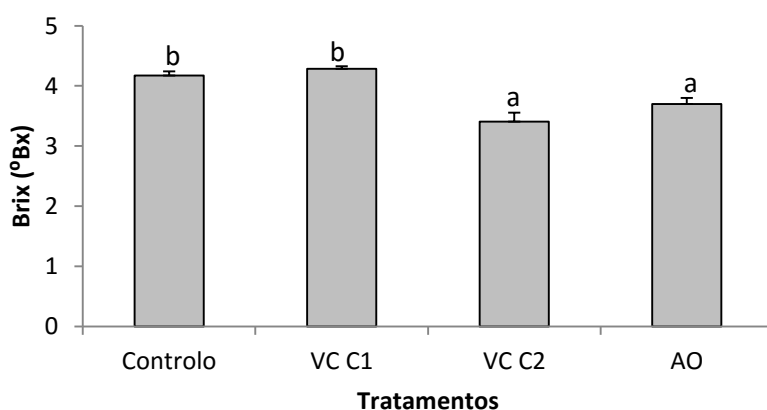
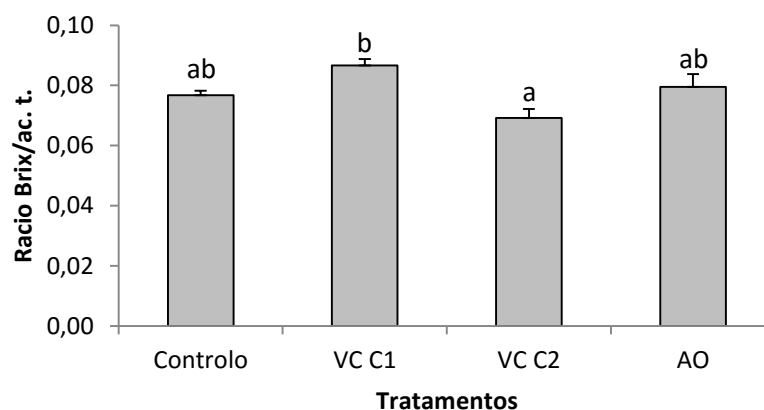


Figura 36 Grau brix do sumo de tomate em função dos diferentes tratamentos. Significado das abreviaturas indicado na Tabela 9. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey.

Pode verificar-se que existiram diferenças significativas entre tratamentos para o rácio brix/ ac. titulável ( $P = 0,018$ ). O tratamento com um rácio maior foi o VC C1, sendo este, significativamente diferente do VC C2, com uma diferença de 20% (Fig. 37). Posto isto, o tratamento com VC C1 produziu frutos com teores de açúcares mais elevados quando comparado com o VC C2.



**Figura 37** Rácio brix/ ac. titulável do sumo de tomate em função dos diferentes tratamentos. Significado das abreviaturas indicado na tabela 9. Barra de erro: erro padrão da média. Letras diferentes, acima dos dados, representam diferenças significativas entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), obtidas pelo teste de Tukey.

Ao analisar os resultados acima, num todo, pode verificar-se que o tratamento que produziu melhores frutos foi o VC C1. O VC C1 foi o tratamento com menor kg de VC, ou seja, mais próximo do controlo nutricionalmente.

## 5. Conclusão

Em conclusão, em primeiro lugar, pode observar-se através dos resultados da Experiência 1 que, de um modo geral, é possível substituir em viveiro a turfa por diferentes tipos de VC, sendo que, os vermicompotos produzidos à base de estrume animal tem resultados melhores na taxa de emergência, crescimento, número de folhas e peso seco das plântulas, quando comparado com os VCs produzidos à base de restos alimentares.

Em segundo lugar, e através da Experiência 2, pode concluir-se que a substituição de VC em pequenas percentagens ( 20%) e em vaso, num substrato pobre, tem efeitos positivos no desenvolvimentos das plantas do tomateiro, sendo que, os VCs produzidos à base de estrume têm resultados mais favoráveis, quando comparados com o VC feito à base de restos alimentares.

Em terceiro lugar, observando os resultados da Experiência 3, através da aplicação de VC em diferentes proporções em estufa comercial, não existem diferenças significativas para nenhum dos parâmetros quantitativos analisados, o que pode dever-se à fertilidade excessiva do solo original, provocando assim, um desequilíbrio nutricional na cultura. Estes resultados sugerem que a aplicação de vermicomposto em estufa comercial com solo rico pode não compensar, tendo em conta que os solos da maioria das estufas em Portugal têm uma fertilidade considerada alta. Apesar disso, a aplicação de VC em quantidades inferiores tem efeitos positivos na qualidade dos frutos.

À luz destas evidências, pode-se constatar que o VC de um modo geral tem benefícios na cultura do tomate, na fase inicial, em viveiro e em menor escala, em vaso, sendo uma alternativa aos fertilizantes inorgânicos nestas situações. Mais pesquisa é necessária, principalmente na fase de maturação dos VCs, na avaliação da interação entre o VC, o solo e as plantas, e nos efeitos que este pode ter a longo prazo em estufa e no campo, de modo a ser aplicado em larga escala.

## 6. Bibliografia

- Abduli, M. a., Amiri, L., Madadian, E., Gitipour, S., & Sedighian, S., 2013. Efficiency of vermicompost on quantitative and qualitative growth of tomato plants. *International Journal of Environmental Research*, 7(2): 467–472.
- Abreu, M & Fernandes, T., 2001. Manual de boas práticas: Tomate. Disqual e Programa PRAXIS XXI, 1-41
- Adhikary, S., 2012. Vermicompost, the story of organic gold: A review. *Agricultural Sciences*, 03(7): 905–917.
- Aguiar, N. O., Olivares, F. L., Novotny, E. H., Dobbss, L. B., Balmori, D. M., Santos-Júnior, L. G., & Canellas, L. P., 2013. Bioactivity of humic acids isolated from vermicomposts at different maturation stages. *Plant and soil*, 362(1-2): 161-174.
- Aira, M., Monroy, F., & Domínguez, J., 2007. Microbial biomass governs enzyme activity decay during aging of worm-worked substrates through vermicomposting. *Journal of Environmental Quality*, 36(2): 448-452.
- Aira, M., Monroy, F., & Domínguez, J., 2007a. *Eisenia fetida* (Oligochaeta: Lumbricidae) modifies the structure and physiological capabilities of microbial communities improving carbon mineralization during vermicomposting of pig manure. *Microbial Ecol.* 54: 662–671.
- Almeida, C., Oliveira, J., Pena, T., Pinto, M., Santos, P., Teixeira, F., Xará, S., & Sirva, M., 2005. Guia da Reciclagem Orgânica – resíduos orgânicos, compostagem, digestão anaeróbia. Grupo de Estudos Ambientais da Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica Portuguesa, 1 - 74
- Almeida, D. 2006. Tomate. *In* Manual de culturas hortícolas, vol II. Barcarena – Editorial Presença, 39-71
- Anwar, M., Patra, D. D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A. A., & Khanuja, S. P. S., 2005. Effect of Organic Manures and Inorganic Fertilizer on Growth, Herb and Oil Yield, Nutrient Accumulation, and Oil Quality of French Basil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36(13-14): 1737-1746

- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Bierman, P., Metzger, J. D., Lee, S., & Welch, C., 2003. Effects of vermicomposts on growth and marketable fruits of field-grown tomatoes, peppers and strawberries, 731–735.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. a., Bierman, P., Welch, C., & Metzger, J. D., 2004a. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. *Bioresource Technology*, 93: 145–153.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. a., Atiyeh, R., & Metzger, J. D., 2004b. Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresource Technology*, 93: 139–144.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. a., Bierman, P., Metzger, J. D., & Lucht, C., 2005. Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. *Pedobiologia*, 49: 297–306.
- Arancon, N.Q., Edwards, C. a. & Bierman, P., 2006. Influences of vermicomposts on field strawberries: Part 2. Effects on soil microbiological and chemical properties. *Bioresource Technology*, 97: 831–840.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. a., Babenko, A., Cannon, J., Galvis, P., & Metzger, J. D., 2008. Influences of vermicomposts, produced by earthworms and microorganisms from cattle manure, food waste and paper waste, on the germination, growth and flowering of petunias in the greenhouse. *Applied Soil Ecology*, 39: 91–99.
- Atiyeh, R. M., Subler, S., Edwards, C. a., Bachman, G., Metzger, J. D., & Shuster, W., 2000a. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiologia*, 44: 579–590.
- Atiyeh, R. M., Arancon, N., Edwards, C. a., & Metzger, J. D., 2000b. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Science*, 75: 175–180.
- Atiyeh, R. M., Edwards, C. a, Subler, S., & Metzger, J. D., 2000c. Earthworm-processed organic wastes as components of horticultural potting media for growing marigold and vegetable seedlings. *Compost Science & Utilization*, 8 February 2015, 215–223.

- Atiyeh, R. M., Edwards, C. a., Subler, S., & Metzger, J. D., 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: Effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresource Technology*, 78: 11–20.
- Atiyeh, R. M., Arancon, N. Q., Edwards, C. a., & Metzger, J. D., 2002. The influence of earthworm-processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. *Bioresource Technology*, 81: 103–108.
- Bot, A. & Benites, J., 2005. *The importance of soil organic matter*, Key to drought-resistant soil and sustained food and production. FAO, pp. 1 – 95
- Castillo, J. M., Romero, E., & Nogales, R., 2013. Dynamics of microbial communities related to biochemical parameters during vermicomposting and maturation of agroindustrial lignocellulose wastes. *Bioresource technology*, 146: 345-354.
- Centro de Ciência de Angra do Heroísmo. Turfeiras. Consultado a 27/03/2015 em: <http://www.centrocienciaah.com/pagina/turfeiras#introducao>
- Chanda, G.K., Bhunia, G. & Chakraborty, S.K., 2011. The effect of vermicompost and other fertilizers on cultivation of tomato plants. *Journal of Horticulture and Forestry*, 3 February, 42–45.
- Chaoui, H. I., Zibilske, L. M., & Ohno, T., 2003. Effects of earthworm casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability. *Soil Biology and Biochemistry*, 35(2): 295-302.
- Confragi, 2003. Pecuária e Ambiente. Consultado a 19/03/2015 em: <http://www.confagri.pt/Ambiente/AreasTematicas/Pages/ResPecAmb.aspx>
- Confragi, 2004. Vermicompostagem. Consultado a 19/03/2015 em: <http://www.confagri.pt/Ambiente/AreasTematicas/Pages/Vermicompostagem.aspx>
- Confragi, 2005. Aplicação e Fertilizantes. Consultado a 19/03/2015, em: <http://www.confagri.pt/Ambiente/AreasTematicas/Solo/Documentos/Pages/doc104.aspx>
- Decreto-Lei n.º 178/2006 D.R. n.º 171, Série I de 2006-09-05. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.

- Dias, J. C. S., 1997. Código de boas práticas agrícolas. Laboratório Químico-Agrícola Rebelo da Silva, Lisboa. 55
- Dinesh, R., Srinivasan, V., Hamza, S., Manjusha, A., 2010. Short-term incorporation of organic manures and biofertilizers influences biochemical and microbial characteristics of soils under an annual crop [Turmeric (*Curcuma longa* L.)]. *Bioresour Technol*, 101:4697–4702
- Dominguez, J., 2004. State-of-the-Art and New Perspectives on Vermicomposting Research. *Earthworm Ecology*, pp.401–424.
- Domínguez, J., & Edwards, C., 2010. Biology and ecology of earthworm species used for vermicomposting. *Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Waste and Environmental Management*, 25-37.
- Dominguez, J. & Edwards, C., 2011. Biology and Ecology of Earthworm Species Used for Vermicomposting. © 2011 by Taylor & Francis Group, LLC, 30–31.
- Domínguez, J. & Gómez-brandón, M., 2005. Vermicomposting: Composting with Earthworms to Recycle Organic Wastes. *Management of Organic Waste*, 29–49.
- Drake, H.L. & Horn, M. a, 2007. As the worm turns: the earthworm gut as a transient habitat for soil microbial biomes. *Annual review of microbiology*, 61: 169–189.
- DRAPC, 2002. O que são fertilizantes e para que servem. Consultado a 16/03/2015 em: [http://www.drapc.min-agricultura.pt/base/documentos/agricultura\\_natureza.htm](http://www.drapc.min-agricultura.pt/base/documentos/agricultura_natureza.htm)
- Edwards, C. A ., 2004. *Earthworm Ecology*. CRC Press, second edition, 1-51.
- Edwards, C. a & Arancon, N.Q., 2004. The Science of Vermiculture: the Use of Earthworms in Organic Waste Managements. (Edwards), 1–25.
- FAO. 2013. Livestock and Enviornment. Consultado a 9/03/2015, em: <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/en/Environment.html>

FAO. 2015. Livestock and the environment. Consultado a 9/03/2015 em: <http://www.fao.org/livestock-environment/en/>

Ferreras, L., Gomez, E., Toresani, S., Firpo, I., & Rotondo, R., 2006. Effect of organic amendments on some physical, chemical and biological properties in a horticultural soil. *Bioresource Technology*, 97 (4): 635-640.

Fidalgo, F. & Teixeira, J., 2015. Nutrição Vegetal. Faculdade de Ciencias da Universidade do Porto, Departamento de Biologia, pp 1- 41

Figueiredo, P., 2009. Introdução à Química Alimentar. Author edition, 72

Forde, B.G. & Lorenzo, H., 2001. The nutritional control of root development, pp.51–68.

Gabriel, R., 2010. Turfeira. Género *Sphagnum*. SIARAM

Garg, P., Gupta, A., & Satya, S., 2006. Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida*: A comparative study. *Bioresource Technology*, 97: 391–395.

Gajalakshmi, S. & Abbasi, S., 2004. Earthworms and vermicomposting. *Indian Journal of Biotechnology*, 3 October, 486–494.

Gómez-Brandón, M., Aira, M., Lores, M., & Domínguez, J., 2011a. Changes in microbial community structure and function during vermicomposting of pig slurry. *Bioresource Technology*, 102: 4171–4178.

Gómez-Brandón, M., 2011b. Epigeic earthworms exert a bottleneck effect on microbial communities through gut associated processes. *PLoS One*, 6: 1–9.

Gómez-Brandón, M. & Domínguez, J., 2014. Recycling of Solid Organic Wastes Through Vermicomposting: Microbial Community Changes Throughout the Process and Use of Vermicompost as a Soil Amendment. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, February 2015, 44:1289–1312.

Gunadi, B., Blount, C., & Edwards, C. a., 2002. The growth and fecundity of *Eisenia fetida* (Savigny) in cattle solids pre-composted for different periods. *Pedobiologia*, 46(3): 15–23.

Gutiérrez-Miceli, F. a., Santiago-Borraz, J., Montes Molina, J. A., Nafate, C. C., Abud-Archila, M., Oliva Llaven, M. A., & Dendooven, L., 2007. Vermicompost as a soil



- supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicum esculentum*). *Bioresource Technology*, 98: 2781–2786.
- Gutiérrez-Miceli, F. A., García-Gómez, R. C., Rincón Rosales, R., Abud-Archila, M., María Angela, O. L., Cruz, M. J. G., & Dendooven, L., 2008. Formulation of a liquid fertilizer for sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) using vermicompost leachate. *Bioresource Technology*, 99: 6174–6180.
- Hashemimajd, K., Kalbasi, M., Golchin, a., & Shariatmadari, H., 2004. Comparison of Vermicompost and Composts as Potting Media for Growth of Tomatoes. *Journal of Plant Nutrition*, 27 November 2014, 1107–1123.
- Heuvelink, E., 2005. Tomatoes. Oxfordshire, CABI Publishing, 1 - 352
- Hidalgo, P.R. & Harkess, R.L., 2002. Earthworm castings as a substrate amendment for chrysanthemum production. *HortScience*, 37 December, 1035–1039.
- Hole, D. G., Perkins, a. J., Wilson, J. D., Alexander, I. H., Grice, P. V., & Evans, a. D., 2005. Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation*, 122: 113–130.
- Hoorweg, D. & Otten, L., 1999. Composting and Its Applicability in Developing Countries. *World*, 6: 2010–2010.
- INE., 2015. Estadísticas Agrícolas 2015. Instituto Nacional de Estadística, I.P. pp. 1-170
- Jack, A. & Thies, J., 2006. Compost and vermicompost as amendments promoting soil health. *Biological approaches to sustainable soi*, pp.453–467.
- Kononova, M. M., 2013. *Soil organic matter: Its nature, its role in soil formation and in soil fertility*. Elsevier, 1 - 544
- Lazcano, C., Revilla, P., Malvar, R. A., & Domínguez, J., 2009. Compost and vermicompost as nursery pot components: effects on tomato plant growth and morphology. *Statistica*, 7(4): 944–951.
- Lazcano, C., Sampedro, L., Zas, R., & Domínguez, J., 2010a. Assessment of Plant Growth Promotion by Vermicompost in Different Progenies of Maritime Pine (*Pinus pinaster* Ait.). *Compost Science and Utilization*, 18 March 2015, 111–118.

- Lazcano, C., Sampedro, L., Zas, R., & Domínguez, J., 2010b. Vermicompost enhances germination of the maritime pine (*Pinus pinaster Ait.*). *New Forests*, 39: 387–400.
- Lazcano, C. & Dominguez, J., 2010. Effects of vermicompost as a potting amendment of two commercially-grown ornamental plant species. *Spanish Journal of Agricultural ...*, 8(4): 1260–1270.
- Lazcano, C., Revilla, P., Malvar, R. A., & Domínguez, J., 2011. Yield and fruit quality of four sweet corn hybrids (*Zea mays*) under conventional and integrated fertilization with vermicompost. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91 July 2010, pp.1244–1253.
- Lazcano, C., Gómez-Brandón, M., Revilla, P., & Domínguez, J., 2013. Short-term effects of organic and inorganic fertilizers on soil microbial community structure and function. *Biology and fertility of soils*, 49.6: 723-733.
- Mendes, C. & Dias, E., 2009. Ecologia das Turfeiras de Sphagnum dos Açores. Consultado a 27/03/2015 em: [http://naturlink.sapo.pt/Natureza-e-Ambiente/Interessante/content/Ecologia-das-Turfeiras-de-Sphagnum-dos-Acores/section/1?bl=1&viewall=true#Go\\_1](http://naturlink.sapo.pt/Natureza-e-Ambiente/Interessante/content/Ecologia-das-Turfeiras-de-Sphagnum-dos-Acores/section/1?bl=1&viewall=true#Go_1)
- Munroe, G., 2007. Manual of on-farm vermicomposting and vermiculture. *Organic Agriculture Centre of Canada*.
- Net Resíduos, 2013. Gestão de Resíduos. Consultado a 20/04/2015, em: <http://www.netresiduos.com/content.aspx?menuid=23>
- NP EN 12147, 1999. Norma Portuguesa para determinação da acidez titulavel em sumos de frutos e de produtos hortícolas. IPO, 10p.

- Observatório do Tomate. 2014. Portugal consolida posição entre maiores produtores de tomate. Consultado a 20/04/2015, em: <http://www.observatoriodotomate.pt/noticias/81-portugal-consolida-posicao-entre-maiores-produtores-de-tomate.html>
- Observatório do Tomate. 2015. Indústria do tomate processou 1,2 milhões de toneladas em 2014. Consultado a 20/04/2015, em: <http://www.observatoriodotomate.pt/dados-do-setor/95-industria-do-tomate-processou-1-2-milhoes-de-toneladas-em-2014.html>
- Organic Farming Research Foundation (OFRF) .2013. What is organic farming?. Consultado a 29/09/2014 em: <http://ofrf.org/organic-faqs>.
- Oliveira, R. V., Ana, D., & Ferreira, C., 2010. Testes de Maturação Aplicados a Matrizes Bioestabilizadas Engenharia do Ambiente.
- Padmavathiamma, P. K., Li, L. Y., & Kumari, U. R., 2008. An experimental study of vermi-biowaste composting for agricultural soil improvement. *Bioresource Technology*, 99: 1672–1681.
- Pereira, a. R., Zêzere, J. L., & Morgado, P., 2005. Os Recursos Naturais Em Portugal : Inventariação E Proposta De Um Modelo Geográfico De Avaliação. *X Colóquio Ibérico de Geografia*, 1–15.
- Pimentel, D., Hepperly, P., Hanson, J., Douds, D., & Seidel, R., 2005. Environmental, energetic, and economic comparisons of organic and conventional farming systems. *Bioscience* 55: 573–582
- Portaria 259/2012 de 28 de Agosto. Diário da República número166 – 1º série. Ministérios da Agricultura do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território
- Powlson, D. S., Smith, P., & Smith, J. U., 2013. *Evaluation of soil organic matter models: using existing long-term datasets* (Vol. 38). Springer Science & Business Media, pp. 1 - 393
- Reddy, M.V. & Ohkura, K., 2004. Vermicomposting of rice-straw and its effects on sorghum growth. *Tropical Ecology*, 45(2): 327–331.

- Roriz, M., Carvalho, S.M.P. & Vasconcelos, M.W., 2014. High relative air humidity influences mineral accumulation and growth in iron deficient soybean plants. *Frontiers in Plant Science*, 5(December), pp.1–8.
- Santos, JQ., 2002. *Fertilização. Fundamentos da utilização de adubos e correctivos*. 4ª edição. Ed. Castro, F.L. Pub. Europa-América
- Schwarz, D., Thompson, A. J., & Klaring, H. P., 2014. Guidelines to use tomato in experiments with a controlled environment. *Frontiers in Plant Science*, 5 November, pp.1–16.
- Séneca, A., 2003. The genus *Sphagnum* L. In Portugal. *Cyptogamie, Bryologie, Lychenologie*, 24: 103 - 126
- Singh, R., Sharma, R. R., Kumar, S., Gupta, R. K., & Patil, R. T., 2008. Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Bioresource Technology*, 99: 8507–8511.
- Singh, R., Gupta, R. K., Patil, R. T., Sharma, R. R., Asrey, R., Kumar, a., & Jangra, K. K., 2010. Sequential foliar application of vermicompost leachates improves marketable fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Scientia Horticulturae*, 124: 34–39.
- Sherman, 2003. Raising Earthworms Successfully. *International jornal of biology*, pp.5–24.
- Tejada, M., Gonzalez, J. L., Hernandez, M. T., & Garcia, C., 2008. Agricultural use of leachates obtained from two different vermicomposting processes. *Bioresource Technology*, 99: 6228–6232.
- Tejada, M. & Benítez, C., 2015. Application of Vermicomposts and Compost on Tomato Growth in Greenhouses. *Compost Science & Utilization*, 23 February 2015, pp.94–103.
- Thybo, a. K., Edelenbos, M., Christensen, L. P., Sørensen, J. N., & Thorup-Kristensen, K., 2006. Effect of organic growing systems on sensory quality and chemical composition of tomatoes. *LWT - Food Science and Technology*, 39: 835–843.

- TNAU AGRITCH PORTAL. 2014. Methods of Fertilizer Application. Consultado a 15/04/2015, em:  
[http://agritech.tnau.ac.in/agriculture/agri\\_nutrientmgt\\_methodsoffertilizerappln.html](http://agritech.tnau.ac.in/agriculture/agri_nutrientmgt_methodsoffertilizerappln.html)
- UNEP., 2014. Managing and conserving the natural resource base for sustained economic and social developement
- Yadav, A. & Garg, V.K., 2011. Recycling of organic wastes by employing *Eisenia fetida*. *Bioresource Technology*, 102(3): 2874–2880.
- Warman, P.R. & AngLopez, M.J., 2010. Vermicompost derived from different feedstocks as a plant growth medium. *Bioresource Technology*, 101(12): 4479–4483.
- Zaller, J.G., 2006. Foliar Spraying of Vermicompost Extracts: Effects on Fruit Quality and Indications of Late-Blight Suppression of Field-Grown Tomatoes. *Biological Agriculture & Horticulture*, 24 November 2014, pp.165–180.
- Zaller, J.G., 2007. Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. *Scientia Horticulturae*, 112:191–199.
- Zhang, B. G., Li, G. T., Shen, T. S., Wang, J. K., & Sun, Z., 2000. Changes in microbial biomass C, N, and P and enzyme activities in soil incubated with the earthworms *Metaphire guillelmi* or *Eisenia fetida*. *Soil Biology and Biochemistry*, 32: 2055–2062.